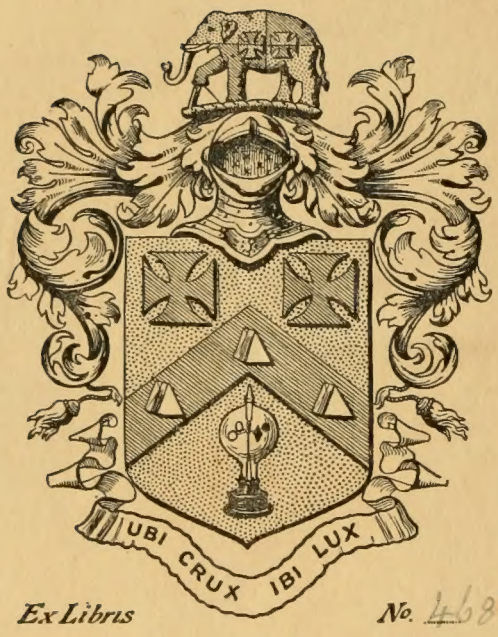


Ex Libris *No.* 468

SIR WILLIAM CROOKES, O.M., LL.D., F.R.S.

Revue générale
des Sciences
pures et appliquées

TOME VINGT-SEPTIÈME

Revue générale des Sciences pures et appliquées

PARAISSANT LE 15 ET LE 30 DE CHAQUE MOIS

FONDATEUR : **Louis OLIVIER**, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Directeur : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

COMITÉ DE RÉDACTION

MM. **Paul APPELL**, Membre de l'Institut, Doyen de la Faculté des Sciences de Paris; **E.-L. BOUVIER**, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle; **E. DEMENGE**, Ingénieur civil; **E. GLEY**, Professeur au Collège de France; **Ch.-Ed. GUILLAUME**, Correspondant de l'Institut; **A. HALLER**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne; **E. HAUG**, Professeur à la Sorbonne; **L. MANGIN**, Membre de l'Institut, Professeur au Muséum d'Histoire naturelle; Vice-Amiral **PHILIBERT**; **Em. PICARD**, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.

Secrétaire de la Rédaction : LOUIS BRUNET.

TOME VINGT-SEPTIÈME

1916

AVEC NOMBREUSES FIGURES ORIGINALES DANS LE TEXTE

PARIS

Octave DOIN et Fils, Editeurs

8, place de l'Odéon, 8.

1916

27e ANNÉE N° 1 15 JANVIER 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Art de l'Ingénieur

La propulsion électrique des cuirassés. — M. W. L. R. Emmet, ingénieur de la General Electric Co., a fourni, à l'une des dernières séances de la Société américaine des Architectes navals et Ingénieurs de la Marine, des renseignements très intéressants sur l'application de la propulsion électrique au cuirassé américain en construction *California*. C'est la première tentative de ce genre faite sur des vaisseaux de cette nature, et il n'est pas douteux que, si les résultats escomptés se réalisent, ils auront une grande influence sur l'évolution ultérieure des marines de guerre.

Cet essai n'a d'ailleurs été tenté qu'après de longues études et une expérience préliminaire sur le charbonnier de la marine *Jupiter*, qui a donné toute satisfaction. Ce navire a été également pourvu de machines électriques de propulsion, qui fonctionnent depuis deux ans régulièrement et qui ont permis de réaliser, par cheval transmis à l'arbre moteur, une économie de consommation de vapeur de 30 % au moins sur celle des machines à vapeur alternatives.

Voici quelques-unes des caractéristiques de l'installation de propulsion électrique du *California*, dont les plans sont dûs à M. Emmet.

Le navire aura un déplacement de 32.000 tonnes et une vitesse maximum prévue de 22 nœuds, ce qui nécessite une force de propulsion sur l'arbre d'environ 37.000 chevaux. L'équipement électrique comporte deux unités génératrices à commande par turbines, quatre moteurs de propulsion (un pour chaque arbre), deux unités excitatrices à commande par turbines, et toute la série des appareils auxiliaires.

Les générateurs sont des alternateurs bipolaires, et les moteurs sont disposés pour être connectés à 24 ou 36 poles. Pour la marche à vitesse réduite (15 nœuds au moins), on emploiera un générateur avec des moteurs connectés à 36 poles ; pour les vitesses supérieures, on emploiera la connexion à 24 poles. Le navire pourra marcher à une vitesse d'environ 18,5 nœuds avec un seul générateur.

La variation de vitesse avec l'une ou l'autre des connexions du moteur sera effectuée par une variation de vitesse des turbines au moyen de régulateurs à vitesse variable construits de façon à maintenir automatiquement une vitesse donnée dans les limites habituelles. Ce dispositif, qui fonctionne déjà sur le *Jupiter*, prévient l'emballement et conserve une vitesse déterminée quelles que soient les conditions de la mer, de l'atmosphère ou de l'alimentation de vapeur. Cet avantage rendra des services dans les formations de flotte.

La consommation de vapeur garantie sur le *California* comprend la vapeur totale nécessaire pour les turbines principales et les auxiliaires de la chambre des machines. Elle sera, par cheval délivré aux arbres des propulseurs : de 14,6 livres à 10 nœuds de vitesse, de 11,4 livres à 15 nœuds, de 11,1 livres à 19 nœuds, de 11,9 livres à la vitesse maximum.

A toute vitesse, les propulseurs du *California* feront 175 tours par minute : c'est la vitesse la plus faible praticable dans cet espace. La vitesse de propulseurs proposée pour les navires de même type à commande par turbines Parsons est de 240 tours par minute, et une comparaison par la méthode de Dyson indique que cette différence de vitesse donnera au *California* une supériorité d'environ 9 % dans le rendement des propulseurs.

Le tableau suivant donne une comparaison de la consommation de vapeur par cheval effectif entre le *California* (valeur garantie), le *Florida* et l'*Utah*, commandés par des turbines Parsons, et le *Delaware*, pourvu de machines alternatives :

	12 nœuds	15 nœuds	19 nœuds	21 nœuds	Proport. à la vitesse de 21 nœuds
Florida	31,8	—	24,0	23,0	328
Utah	28,7	—	20,3	21,0	323
Delaware	22,0	—	18,7	21,0	122
California	17,3	15,2	15,0	16,4	175

M. Emmet fait ressortir la simplicité des tuyauteries et des raccords de vapeur et de vide avec la propulsion électrique comparativement aux autres méthodes. Le *California* a 2 turbines, et l'*Utah* 10.

Le prix des machines propulsives avec les auxiliaires pour le *California* a été fixé à 2.155.000 francs.

Locomotive à attelage magnétique. — L'attelage des wagons, tel qu'il est pratiqué presque depuis la création des chemins de fer, a souvent fait l'objet de justes critiques. Il est dangereux pour les employés qui en sont chargés ; il exige, en outre, trop de temps, et ce dernier défaut se manifeste surtout dans les gares de triage, où l'on voit des locomotives se livrer à d'interminables va-et-vient, soit pour former des trains, soit pour en séparer les éléments et les diriger sur différentes voies. L'attelage automatique est à l'étude depuis longtemps, mais présente de grandes difficultés d'application.

M. Kull, chef des Ateliers des Chemins de fer fédéraux d'Olten, a très ingénieusement résolu le problème par l'attelage magnétique, en faisant de chacun des tampons du tracteur un puissant électro-aimant. La locomotive de manœuvre qu'il a fait construire dans ce but a figuré, en 1914, à l'Exposition de Berne, et il en existe actuellement deux en service dans les ateliers d'Olten.

En voici les caractéristiques :

Longueur entre tampons	3 m. 20
Longueur de la caisse	2 m. 36
Empattement	1 m. 35
Hauteur totale	3 m. 26
Poids	7.000 kilogs

L'équipement électrique comprend :

1° Une batterie d'accumulateurs de 60 éléments de 120 ampères-heure de capacité, pesant 1.400 kilogs ;

2° Un moteur série à courant continu, 110 volts, d'une puissance de 5 chevaux, tournant à 600 tours par minute. L'arbre de l'induit attaque par engrenages, dans un rapport de réduction de 6,9/1, un arbre intermédiaire qui transmet son mouvement aux essieux au moyen de chaînes agissant sur des pignons d'un rapport de réduction de 3,77/1;

3° Un contrôleur de manœuvre et un frein à bande commandé par pédale agissant sur un petit volant monté sur l'arbre de l'induit ;

4° Quatre tampons constituant les noyaux d'électro-aimants montés par l'intermédiaire d'articulations sphériques sur des tiges que des ressorts maintiennent dans leur position médiane.

La force portante de ces électro-aimants est d'environ 1.700 kilogs au contact des tampons d'une voiture à remorquer, et de 900 kilogs quand les tampons sont distants de 5 millimètres.

Un seul homme suffit à la manœuvre. Installé dans la cabine du tracteur, il l'amène en contact avec le wagon à traîner, tampon contre tampon ; puis, fermant le circuit des tampons magnétiques, il établit instantanément la liaison nécessaire au remorquage du wagon. En coupant le courant d'alimentation des électro-aimants, le wattman effectue le désaccouplement immédiat des deux véhicules, et peut dès lors, sans perdre une minute, diriger son tracteur vers une autre direction et y procéder à une nouvelle manœuvre. Une lampe-témoin à verre rouge indique si les tampons sont aimantés ou non.

L'économie réalisée par les deux tracteurs d'Olten permettra d'en amortir les frais d'établissement en moins de deux ans. Il convient, en outre, de considérer qu'ils diminuent notablement les dangers d'accidents pour le personnel et les risques d'avaries pour le matériel.

E. C.

§ 2. — Physique

Influence de la lumière sur la conductibilité thermique du sélénium. — On sait que les diverses théories électroniques établissent un lien entre les conductibilités électrique et thermique. Le rapport des conductibilités doit être, d'après toutes ces théories, fonction de la température et indépendant du nombre des électrons libres, de leur vitesse et du libre parcours moyen.

On devrait s'attendre à ce que toute augmentation de l'une des conductibilités, sous l'action d'un agent quelconque, soit accompagnée d'une augmentation simultanée de l'autre. D'où l'intérêt de rechercher si la lumière, qui accroît d'une façon notable la conductibilité électrique du sélénium, agit sur la conductibilité thermique. En réalité, le sélénium étant un conducteur médiocre de l'électricité, on ne peut pas s'attendre à un accroissement de la conductibilité thermique proportionnel à l'accroissement de conductibilité électrique ; une large part de la conduction thermique doit s'effectuer par l'intermédiaire des atomes et des molécules comme chez les diélectriques ; néanmoins, si la lumière libère un certain nombre d'électrons, augmente leur vitesse ou leur libre parcours, on pourra constater un accroissement de la conductibilité thermique.

Quelques expériences anciennes de Bellati et Lussana[1] semblaient confirmer l'hypothèse précédente. Ces auteurs avaient constaté, sous l'influence de la lumière solaire, un accroissement de la conductibilité calorifique d'environ 10 °/₀, en bon accord, disaient-ils, avec l'accroissement de conductibilité électrique dans les mêmes conditions. L'étude de cette intéressante question vient d'être reprise récemment par M. Sieg[2], qui a obtenu des résultats complètement différents.

La conductibilité thermique a été mesurée par une méthode analogue à celle proposée par Christiansen[3], mais qui permettait, en outre, d'opérer à des températures variables. On mesurait, dans chaque expérience, la conductibilité électrique d'un cristal de sélénium et le rapport $\frac{k_1}{k_2}$ de sa conductibilité thermique à la conductibilité thermique d'une lame de verre. Le tableau suivant résume quelques mesures (la colonne R contient le rapport des conductibilités électriques sous l'action d'un éclairement déterminé dans l'obscurité) :

Température moyenne	Conductivité électrique	k_1/k_2 × const.	R	Etat du Se
—	—	—	—	—
21,8	27	0,34	2,48	obscurité
22,1	67	35	. . .	lumière
25,6	33	37	2,12	obscurité
25,7	70	37	. . .	lumière
35,0	41	39	1,75	obscurité
35,4	72	39	. . .	lumière
44,7	45	36	1,67	obscurité
44,8	75	38	. . .	lumière
65,9	53	39	1,55	obscurité
65,4	82	38	. . .	lumière
82,7	92	39	1,28	lumière
82,3	72	40	. . .	obscurité
97,3	72	40	. . .	obscurité

On voit que le rapport k_1/k_2 n'est pas sensiblement modifié par l'action de la lumière. Si donc l'on suppose que la lumière n'a pas d'influence sur la conductibilité thermique du verre, on doit conclure qu'elle n'agit pas davantage sur la conductibilité thermique du sélénium.

On peut signaler, en passant, que les expériences précédentes montrent que la conductibilité électrique du sélénium, soit à la lumière, soit dans l'obscurité, augmente avec la température, mais que le rapport des deux conductibilités diminue quand la température s'élève. En d'autres termes, à mesure que le sélénium devient meilleur conducteur, il devient moins sensible à la lumière.

Comment expliquer que la conductibilité thermique du sélénium ne varie pas sensiblement sous l'action de la lumière ?

On peut supposer d'abord que le nombre d'électrons libres est trop petit pour qu'un accroissement, même important, de leur nombre puisse produire un

1. *Atti del R. Inst. Ven.*, (6), t. V, p. 19; 1887.
2. *Physical Review* (2), t. VI, p. 213 ; sept. 1915.
3. *Wied. Ann.*, t. XIV, p. 23; 1881.

effet appréciable sur la conductibilité calorifique : autrement dit, la conduction de la chaleur, dans un cristal de sélénium, s'effectuerait surtout par l'intermédiaire des molécules.

On peut supposer, avec autant de vraisemblance, que le nombre d'électrons libres est fonction, non seulement de l'intensité lumineuse, mais aussi de la grandeur du champ électrique dans lequel se trouve le sélénium : il est possible que l'instabilité des électrons, dans l'intérieur de l'atome, s'accroisse sous l'action de la lumière, mais que leur expulsion n'ait pas lieu tant qu'une force électro-motrice n'entre pas en jeu. Le fait que la résistance des cristaux de sélénium diminue quand la différence de potentiel appliquée s'accroît est d'accord avec l'explication précédente, la diminution de résistivité pouvant être considérée comme l'indice d'un accroissement du nombre des électrons libres.

Un œil téléphonique pour aveugles[1]. — On sait que Fournier d'Albe a imaginé, il y a quelques années, un petit appareil permettant aux aveugles de saisir, au moyen d'impressions auditives, les variations d'intensité que subit la lumière dans leur entourage. Le fonctionnement de cet appareil est basé sur la variation de résistance électrique qu'éprouve le sélénium sous l'influence de la lumière.

Le Dr Brown, de l'Université de l'Etat d'Iowa, a basé sur le même principe un appareil, le *phonopticon*, dont l'application à l'éducation des aveugles semble avoir donné des résultats merveilleux. Les modifications de résistance électrique du sélénium, transmises à l'oreille par le téléphone, permettent à l'aveugle de prendre une connaissance précise des phénomènes lumineux. C'est ainsi qu'un aveugle a pu lire les mots : *at*, *the*, *nine*, écrits en capitales de 3 millimètres, après les avoir entendus deux fois seulement. Et le Dr Perry, président de la Société nationale pour l'éducation des aveugles, professeur à l'Ecole nationale des aveugles de Berkeley, aveugle lui-même, estime qu'en l'espace de deux mois un aveugle d'intelligence moyenne peut apprendre à lire avec les « phonopticon ».

La page à lire est placée devant une lentille mobile et les cristaux de sélénium. Un rayon lumineux se meut avec la lentille et, à un instant déterminé, éclaire successivement les différentes parties d'une certaine lettre. Les images de ces parties sont projetées par la lentille sur les cristaux de sélénium correspondants qui sont ainsi successivement affectés.

Chaque cristal constitue un bras du pont de Wheatstone et un téléphone remplace le galvanomètre du pont. Monté en série avec chaque récepteur téléphonique se trouve un interrupteur destiné à donner une certaine fréquence au courant, cependant qu'un dispositif de résonance installé dans le récepteur amène cette fréquence à un ton musical précis, différent pour chaque cristal.

Chaque lettre de l'alphabet, et, en général, tout caractère déterminé, agit différemment sur l'ensemble des cristaux de sélénium, et se traduit par une sonorité caractéristique. C'est ainsi que, d'après un des aveugles ayant utilisé l'appareil, la lettre w aurait une sonorité approchant des notes successives *mi-do-mi-do-mi*, alors que la lettre A ressemblerait quelque peu aux notes *do-mi-do*.

Le poids total de l'appareil est de 17,5 kilogs et l'œil mécanique contenu dans une boîte close ne pèse que 1 kilog; cet œil mécanique comporte la source lumineuse (filament Nernst ou d'une lampe à incandescence spéciale), les cristaux, une lentille convergente qui amène la lumière par une ouverture pratiquée au fond de la boîte sur les lettres de la page à lire, et un système de lentilles pour recevoir la lumière réfléchie ou diffusée et la concentrer sur les cristaux sous forme d'une image de la partie éclairée de la page.

1. *Telephone Engineer*, sept. 1915. Voir également *La Lumière électrique*, 20 nov. 1915.

§ 3. — Chimie

La galvanoplastie au cobalt. — Dans le but de développer l'emploi industriel du cobalt, dont le Canada possède de riches gisements, le département canadien des Mines a fait procéder à l'Université de Kingston (Ontario) à des recherches étendues sur la possibilité d'employer ce métal à la galvanoplastie. Ces travaux, effectués par M. G. T. Kalmus, avec l'assistance de M. C. H. Harper et W. L. Savell, ont donné des résultats très intéressants.

16 types différents de solutions ou bains ont été employés, et plusieurs ont été reconnus convenables pour l'usage industriel; mais deux surtout offrent des avantages marqués : l'un est une solution de 200 gr. de sulfate de cobalt et d'ammonium dans un litre d'eau, équivalant à 145 gr. de sel anhydre par litre; l'autre consiste dans un mélange de 312 gr. de sulfate de cobalt et 19,6 gr. de NaCl dans 1 litre d'eau avec de l'acide borique presque à saturation. Ces deux solutions se maintiennent une fois en opération et le vieillissement nécessaire pour les mettre en état est bien moindre que pour les bains de nickel usuels.

Les couches de cobalt déposées de ces solutions sur les objets en laiton, fer, acier, cuivre, étain, maillechort, plomb, métal Britannia, de différentes formes et dimensions, dans des conditions à peu près identiques à celle du nickelage électrolytique, sont solides, adhérentes, dures et uniformes. Elles acquièrent facilement, par frottement avec une peau de chamois, une surface finie douée d'un lustre brillant, blanc avec un léger reflet bleu. Des couches formées sur différents objets ont résisté avec succès aux divers essais de fléchissement, de martelage et de brunissement auxquels les dépôts de nickel sont généralement soumis. Ces solutions sont remarquables par leur pouvoir de pénétration, c'est-à-dire de dépôt rapide du cobalt dans toutes les anfractuosités des objets.

La conductivité électrique de ces solutions étant considérablement plus élevée que celle des solutions types de nickel, elles peuvent, toutes autres choses égales, travailler à un voltage inférieur pour une vitesse donnée de dépôt. La première peut se déposer sur tous les objets usuels 4 fois, et la seconde au moins 15 fois plus vite que les solutions de nickel les plus rapides. Elles fonctionnent, à ces vitesses élevées, en restant parfaitement tranquilles, sans aucune agitation, et elles sont plus propres (c'est-à-dire forment moins de précipités) que les bains de nickel ordinaires.

Le dépôt à grande vitesse est beaucoup plus dur qu'aucun dépôt de nickel, et par conséquent un poids plus faible de cobalt déposé donnera le même recouvrement protecteur qu'un poids supérieur de nickel plus tendre.

Avec la seconde solution, en travaillant sous 150 ampères par pied carré, on obtient en une minute des dépôts suffisants et assez résistants sur des pièces détachées d'automobiles, des morceaux de laiton découpés à l'emporte-pièce, etc... En 15 minutes, on produit des dépôts qui résistent aux conditions atmosphériques ou aux frottements les plus sévères.

§ 4. — Géographie et Colonisation

L'exploration du Sahara occidental. — L'une des régions sahariennes dont l'exploration a été la plus tardive, et qui s'est trouvée ensuite poursuivie activement, est la partie du Sahara occidental comprise entre le Maroc au nord, la possession espagnole du Rio de Oro et la Mauritanie à l'ouest, le Sahara soudanais au sud, l'Ahnet, le Touat et l'oued Saoura à l'est. C'est la grande zone désertique qui s'étend du Tafilelt à Taoudeni, Araouan, Oualata. Cette région, fréquemment sillonnée par les bandes de pillards berabers du Sud-Marocain, n'avait été seulement traversée que par René Caillé en 1828, puis en 1880, un peu plus à l'ouest, par le Dr Lenz, quand, du jour où des postes français

occupèrent les oasis du Touat et du Tidikelt, nos compagnies sahariennes purent commencer à la visiter[1]. De nouvelles reconnaissances militaires ont récemment contribué encore à nous la faire mieux connaître.

Tout cet espace est rempli dans sa partie centrale par des ergs, dépressions couvertes de dunes de sables ; l'erg Iguidi [2], qui est le plus grand, se rattache à l'est à l'erg Chache, et entre les deux s'étend la hammada de Chenachan. Au nord, entre l'Iguidi et le bassin de l'oued Draa, situé aux confins du Sud-Marocain, s'étale aussi un long plateau.

La première reconnaissance importante avait été dirigée des Oasis dans la direction de l'ouest sur l'erg Iguidi, d'octobre 1904 à janvier 1905, par le capitaine Flye Sainte-Marie, commandant la compagnie saharienne du Touat[3]; parmi les officiers qui l'accompagnaient était le lieutenant Niéger, qui s'est distingué depuis dans de nombreuses autres explorations au Sahara. La reconnaissance, pénétrant dans l'Iguidi à la hauteur du 28e parallèle, en parcourut la partie la plus méridionale et s'avança au delà de l'erg jusqu'à Aouinet-el-Agra, où elle n'était plus qu'à douze jours de la mer. A son retour, elle visita une partie de la hammada du sud et descendit jusqu'au puits de Chenachan, qui se trouve à mi-chemin de l'Iguidi et de l'erg Chache, sur la grande route soudanaise que déjà elle avait coupée à Bou-Bout. L'expédition avait pu constater que l'erg Iguidi, d'une superficie de plusieurs milliers de kilomètres carrés, offre de réelles ressources, grâce aux excellents pâturages qu'il renferme et qui pourraient être utilisés.

En 1906, la compagnie du Touat effectua, du mois de mars au mois de juillet, une reconnaissance sur Taoudeni, sous les ordres du lieutenant-colonel Laperrine[4]; de la colonne faisait encore partie le lieutenant Niéger[5]. D'Adghar elle comptait prendre la route la plus directe pour gagner Taoudeni, mais dans l'impossibilité où elle fut de trouver un guide connaissant cette région déserte où les points d'eau devaient être rares, elle dut se rabattre sur les routes de l'est; elle passa donc par l'Ahnet, par In Zize, puis elle tourna vers l'ouest pour atteindre Achourat et ensuite vers le nord dans la direction d'El-Guettara et de Taoudeni. Ce fut à El-Guettera que la reconnaissance opéra sa jonction avec une compagnie de méharistes sénégalais qui s'était portée à sa rencontre, conduite par le capitaine Cauvin; avec lui était le lieutenant Cortier[6], tué à l'ennemi en 1914, et dont nous avons rappelé ici la brillante carrière comme explorateur[7]. Les deux compagnies avaient pénétré l'une et l'autre à Taoudeni, où elles devaient d'abord se joindre. C'est seulement pour son retour que celle du Touat, ayant enfin trouvé un guide, put prendre la ligne directe à travers l'erg Chache, région sur laquelle elle fournit des renseignements entièrement nouveaux.

1. On peut voir par l'excellente *Carte du Sahara et du Nord-Ouest de l'Afrique de la Méditerranée au Sénégal et au lac Tchad*, dressée par P. Vuillot à l'échelle de 1 : 4.000.000 (édition de juillet 1894, Aug. Challamel), combien cette vaste région était à ce moment encore peu connue.

2. R. Chudeau : L'Igidi (*La Géographie*, avril 1915, p. 201-206).

3. Flye Sainte-Marie : Dans l'ouest de la Saoura, avec Appendices par les lieutenants Nieger, Mussel et Rouzade (*Bulletin du Comité de l'Afrique Française*, 1905, Renseignements coloniaux, n° 10 *bis*, p. 381-406 ; n° 11 *bis*, p. 470-484 ; n° 12 *bis*, p. 533-545) ; N. : Une reconnaissance dans l'erg Iguidi (*La Revue de Géographie*, 1905, p. 193-197 ; avec photogr. du lieutenant Niéger).

4. Lieutenant-colonel Laperrine : La tournée à Taoudeni du lieutenant-colonel Laperrine (*Bull. du Comité de l'Afrique franç.*, 1907, Rens. col., n° 4, p. 77-90).

5. J. Niéger : Du Touat à Taoudeni (*La Géographie*, tome XVI, 2e semestre 1907, p. 361-384, avec carte à 1 : 2.000.000).

6. Lieutenant Cortier : De Tombouctou à Taoudéni (*La Géographie*, tome XIV, 2e semestre 1906, p. 317-341).

7. *Revue générale des Sciences*, 15-30 octobre 1914, p. 765.

Le lieutenant Niéger rapporta de cette tournée les éléments d'une excellente carte du Sahara occidental, qu'il est nécessaire de consulter si l'on veut se rendre compte des progrès qui ont pu être réalisés depuis dans la connaissance de cette région[1]. Ces progrès ont été dus aux opérations des groupes mobiles des compagnies sahariennes des Oasis, pour la poursuite des rezzous marocains.

Le capitaine Cancel, qui partit, en novembre 1909, d'El-Kseib, au sud de Beni-Abbès, à la tête d'un groupe mobile du Touat et d'un peloton de méharistes de la Saoura, put, au cours d'une petite expédition qui dura jusqu'en janvier 1910, parcourir les ergs El-Atimine et Iguidi, et la Basse Daoura[2]; il explora la lisière nord et ouest de l'Iguidi dont le capitaine Flye Sainte-Marie avait fait connaître le sud, et reconnut les points d'eau qui facilitent la traversée de cette large bande d'erg. Au point de vue militaire, il eut à livrer combat à un important rezzou.

Dans la même direction, d'autres pelotons de méharistes parcoururent l'erg Er-Raoui, au sud-ouest de Beni-Abbès, et créèrent le poste de Tabelbala, entre cet erg et l'erg El-Atimine ; divers points d'eau furent aménagés plus au sud. Ce fut surtout à partir de 1913 que de nouvelles reconnaissances, poussées plus avant de divers côtés, purent apporter de notables compléments à la carte dressée par le lieutenant Niéger en 1907.

L'une des plus importantes fut celle conduite par le capitaine Martin, commandant de la compagnie saharienne de la Saoura, qui, en mars-avril 1913, s'était portée dans l'Iguidi à la rencontre d'un rezzou signalé comme devant revenir du Soudan vers l'oued Draa[3]. Les troupes s'étant concentrées à Tabelbala, la reconnaissance suivit jusqu'à Bou-Bout, à travers l'Iguidi, l'itinéraire précédemment parcouru par le capitaine Cancel ; mais, à partir de Bou-Bout, elle prit une route entièrement nouvelle; tandis que le capitaine Flye Sainte-Marie s'était porté de l'ouest sur Chenachan, le capitaine Martin atteignit ce point en venant du nord. Après avoir découvert à l'ouest de Chenachan un puits abondant, Hassi Moghib, dans un riche pâturage, la reconnaissance dut remonter vers le nord par Tilemsi, où elle était déjà passée en venant de Bou-Bout, et gagna l'extrémité sud-ouest de l'erg Iguidi ; elle y surprit le rezzou de Berabich et captura son troupeau de prises. Ayant reconnu la lisière occidentale de l'erg Iguidi, dans l'El-Ouahila, le capitaine Martin prit la route du nord-est au puits de Mouih el Fahed, qui ja lonne la grande route du Draa à Taoudeni, et ce fut seulement de Toumassine à Tabelbala qu'il retomba sur les itinéraires parcourus par le capitaine Cancel.

Le capitaine Martin a donné un aperçu géographique sur la région dans laquelle il a circulé et qu'il représente comme l'une des plus désertiques du monde. Le puits de Chenachan est au milieu d'un quadrilatère de 1.500 kilomètres de côté, formé d'immenses plateaux rocheux dénudés, avec quelques dunes par endroits. Le climat est extrêmement sec et il y passe des tourmentes de vent brûlant.

L'erg Iguidi, entouré de tous les côtés par des hammadas, est une dépression qui paraît occuper l'emplacement d'un immense bassin lacustre. Dans certaines de ses parties, le sol sur lequel est posée la dune est

1. La carte au 2.000 000e, parue dans *La Géographie*, est une réduction des itinéraires au 100.000e du lieutenant Niéger, et d'une carte au 250.000e dont il a envoyé la minute au Service géographique de l'Armée. Il l'a très heureusement complétée en y portant aussi les précédents itinéraires : du colonel Laperrine en 1903 et 1904, du capitaine Flye Sainte-Marie, de M. Gautier en 1905, du capitaine Cauvin, en 1906.

2. Capitaine Cancel : Dans les ergs El-Atimine et Iguidi (*L'Afrique Française*, 1911, Rens. col., n° 7, p. 167-178).

3. Capitaine Martin : Reconnaissance de la région sud et ouest de l'erg Ighidi (*Bulletin de la Société de Géographie d'Alger et de l'Afrique du Nord*, 18e année, 1913, p. 601-633, avec carte à l'échelle de 1 : 1.000.000).

couvert d'une couche épaisse de coquilles, provenant de mollusques d'eau douce ou saumâtre.

Les Eglab, massifs montagneux qui se dressent au centre de la hammada séparant l'erg Iguidi de l'erg Chache, ont une altitude moyenne de 700 mètres, et certains sommets dépassent certainement 1.000 mètres. Le versant nord de ce système montagneux, le Mecherah, formé des débris de granits et de roches volcaniques des Eglab, présente une végétation assez abondante; le versant sud, appelé Aftout, dont le sol est recouvert de débris de quartzite, se distingue par l'absence complète de végétation.

Le capitaine Martin pense que l'erg Iguidi est de formation récente. D'après lui, sa lisière sud, comprenant le Menakeb et le Ouahila, a été habitée par des sédentaires jusqu'à une date récente, cent ou deux cents ans au plus. Les dattiers qui subsistent peuvent être une preuve de l'existence des ksour. Quelques mois après cette reconnaissance, le Menakeb fut occupé et le lieutenant Auguieras, de la compagnie saharienne du Touat-Gourara, dit que cette région est la seule où les points d'eau soient nombreux et qu'elle renferme du gros gibier et des pâturages à chameaux[1].

L'occupation du Menakeb fut le point de départ de reconnaissances plus éloignées. En décembre 1913-janvier 1914, le groupe mobile du Touat-Gourara dépassant Chenachan, atteignit le point d'eau de Taghmanant, traversa les bras de l'erg Chache et arriva à Oum-el-Assel, au sud de l'erg, dans la direction de Taoudeni. En ce point était parvenu, en 1909, le capitaine Grosdemange, commandant des méharistes de Tombouctou, en passant par Taoudeni[2]. Les deux itinéraires se trouvaient donc désormais réunis. Nous rappelons que, tandis que le capitaine Grosdemange avait suivi la route directe d'El-Guettara à Taoudeni et Oum-el-Asel, le lieutenant Gaillard, faisant un crochet, avait contourné la hammada El-Khareicha.

C'est aussi dans cette partie sud, entre Taoudeni et le Niger, qu'en 1913-1914, l'explorateur Chudeau accomplit une mission scientifique, dont l'itinéraire fut jalonné par Tombouctou, Araouan, Taoudeni, Mabrouk, In-Ehtissan, Kidal et Gao, au cours de laquelle il reconnut, au voisinage de Taoudeni, un groupe volcanique important qui semble n'avoir pas été encore signalé, et d'où il rapporta quelques renseignements nouveaux sur l'hydrographie de l'Azaouad[3].

En janvier-février 1914, une petite troupe, venue des Oasis et se dirigeant cette fois vers l'ouest, alla jusqu'à Tindouf, au nord de l'itinéraire du capitaine Flye Sainte-Marie, dans la direction de l'oued Draa. En février-mars, les méharistes du Touat-Gourara, se portant au-devant de ceux du Tidikelt, sans avoir pu cependant effectuer la jonction, poussèrent jusqu'à Taoudeni. Pendant ce temps, les méharistes de la Saoura, partis de Tabelbala, atteignirent, à l'ouest, les anciens ksours de Tinjoub et de Tinfichi, au nord-est de Tindouf, et également en allant vers l'oued Draa.

De nombreux documents topographiques ont été réunis par ces diverses patrouilles. Dans sa lettre écrite du Menakeb le 10 mai 1914, le lieutenant Auguieras disait qu'il avait personnellement levé quelques centaines de kilomètres dans l'erg Er-Raoui, l'erg Iguidi et le nord de l'erg Chache et il annonçait qu'il préparait une carte devant comprendre toute la région située à l'ouest de la Saoura jusqu'au Rio de Oro et aux confins mauritaniens[4].

Ces dernières reconnaissances auront donc donné d'importants résultats et préparé la jonction entre le Touat et la Mauritanie, grâce à laquelle la pacification du Sahara sera assurée. Il est d'autant plus intéressant que des études géographiques nouvelles puissent être poussées des ergs du centre vers la Mauritanie que, de tout le Sahara occidental, c'est la partie qui est demeurée la moins connue[1].

Gustave Regelsperger.

1. Lettre du lieutenant Auguieras (*La Géographie*, août à décembre 1914, p. 146-147).
2. R. Chudeau : Taoudeni et Teghazza, d'après les notes du capitaine Grosdemange (*L'Afrique Française*, 1910, p. 13-16).
3. *La Géographie*, août-déc. 1914, p. 145-146.
4. Lettre du lieutenant Auguieras (*La Géogr.*, août-déc. 1914, p. 146-147).

1. Voir notamment : Capitaine Doury : Du Guir à la Mauritanie (*L'Afrique Française*, 1910, Rens. colon., n° 11, p. 353-370, avec carte); Carte du Sahara occidental entre l'oued Saoura, l'Atlantique et la Mauritanie, dressée par le lieutenant Bernard, de la compagnie saharienne de Colomb (*Ibid.*, p. 370).

§ 5. — Enseignement

Tableaux de cours pour l'enseignement supérieur. — C'est un fait indéniable que, dans nos Universités, nous ne disposons pas de tableaux d'enseignement édités en France. Nos collections de tableaux, pour les cours de Sciences naturelles, pour l'enseignement technique et géographique, sont presque toutes des séries d'éditions allemandes. Il en est de cela comme des éditions de musique; c'est une situation très regrettable.

Les professeurs y remédient, en partie, en faisant dessiner pour leur usage des croquis relatifs à leur enseignement personnel; mais ils utilisent tous pour leurs démonstrations les tableaux de cours allemands.

C'est ainsi que les étudiants des nationalités étrangères, venus pour étudier en France, peuvent apprécier chez nous le prestige de la science allemande. Ils iraient d'ailleurs en Amérique ou au Japon en Suisse ou en Belgique, qu'ils y rencontreraient aussi les inévitables tableaux d'origine allemande. Pourquoi la Science française accepterait-elle cette infériorité?

A qui la faute d'une situation presque humiliante pour nous, si profitable à nos ennemis, et qui n'a pas peu contribué à assurer une belle publicité et un certain prestige à la Science allemande? Comme dans beaucoup d'autres questions semblables, il y a eu, d'un côté, une certaine inertie des entreprises françaises, et, d'autre part, une initiative germanique soutenue par l'idée d'expansion nationale.

Ce ne sont pas les professeurs et les savants, chez nous, qui n'ont pas fait le nécessaire; ce sont les maisons d'éditions. Que le Syndicat des Editeurs et de la Librairie comprenne enfin le rôle important de cette publicité internationale, et de tous les jours, et il sera facile de remédier au fâcheux état de choses signalé ici.

Nos professeurs d'Universités et des grandes Ecoles auraient vite fait de mettre sur pied — chacun dans sa spécialité, et avec la collaboration de ses confrères — de nombreuses collections de tableaux d'enseignement qui chasseraient de nos amphithéâtres les inévitables tableaux et cartes d'origine allemande. Nos nouvelles collections iraient supporter avantageusement la comparaison chez les neutres, et chez les peuples latins et anglo-saxons, et en Russie également, avec des titres en langue russe.

Nous pourrions aussi du même coup éditer des planches murales pour les établissements d'enseignement secondaire et d'enseignement supérieur technique de l'étranger, en créant des séries relatives aux sciences neuves (Biologie générale, Pathologie végétale, Aéronautique, Mécanique agricole, Biométrique, Géographie botanique, Génétique, etc.). On parle tous les jours de l'action tentaculaire de l'effort germanique. Opposons lui l'effort latin, par une *action pratique* qui vaudra mieux que tous les discours.

Edmond Gain,
Professeur à l'Université de Nancy.

L'ARTILLERIE LOURDE DE CAMPAGNE

DEUXIÈME PARTIE[1]

III. — L'obusier Schneider de 8″ (203 mm. 2) de campagne

Les principes d'organisation de ce matériel et de constitution de ses divers éléments ne diffèrent pas de ceux qui ont présidé à la construction du canon de 42″. Il y a seulement ici dilatation, si l'on peut dire, des organes, agencés cependant en vue d'une meilleure adaptation à une fin particulière, mais toujours situés dans une même dépendance relative. Nous pourrons donc être un peu plus bref dans notre description.

Avant de l'entreprendre, nous pensons devoir commencer comme précédemment par établir les caractéristiques générales du matériel.

Cet obusier (de même que l'obusier de 9″ (228 mm. 6) qui lui est de tous points identique), malgré son calibre, tire sur roues et se distingue surtout par une rapidité et une simplicité de manœuvres de formation de route, et inversement de mise en batterie, jusqu'ici inégalées. Les dispositions adoptées feront, en effet, voir comment, sur un matériel que l'on ne pouvait songer à transporter en une seule voiture, il a été possible de réduire à 5 minutes le temps nécessité par ces manœuvres lorsqu'elles sont assurées par des servants exercés et que des hommes peu au courant du service ne mettent pas plus de 8 minutes à accomplir. Comme d'autre part les 2 voitures : voiture obusier et voiture affût dont est formé le train de pièce ne pèsent respectivement que 3.200 et 3.600 kilogs, on reconnaît la propriété, poussée à un point remarquable, dont jouit ce matériel : rapidité d'entrée en action et de sortie de la ligne de feu.

Fig. 1. — *Obusier Schneider de 8″ de campagne muni de ceintures de roues en position de tir.*
Projectiles déposés sur les civières de chargement. — Douilles.

Sa puissance, qui dépend d'une part de l'énergie qu'il communique au projectile et de sa portée maximum, d'autre part de la rapidité et de

1. Voir la première partie dans la *Revue gén. des Sciences* du 30 décembre 1915, t. XXVI, pp. 697-712.

Fig. 2. — *Obusier Schneider de 8" de campagne en batterie, vu de gauche arrière.*

Fig. 3. — *Obusier Schneider de 8" de campagne en batterie, vu de droite arrière.*

la précision du tir, n'a pas été sacrifiée à sa mobilité.

Cet obusier peut en effet lancer un projectile de 100 kilogs à une distance de 9.600 m., avec une vitesse initiale de 365 m., et une vitesse restante de 278 m. L'énergie à la bouche est dans ces conditions de 680 Tm., correspondant à un rendement de 319 kgm. par kg. de bouche à feu et de 120 kgm. par kg. de pièce en batterie.

La rapidité du tir peut atteindre 3 coups à la minute sans nuire à la précision, en raison, comme on l'a déjà vu sur le matériel de 42″, de la stabilité de la pièce, des facilités de manœuvre de la culasse et de la régularité avec laquelle peut se faire le service, comme conséquence de l'organisation générale et de la protection dont jouissent les servants.

Comme nous l'avons rappelé dès les premières lignes, ce matériel comporte les mêmes ensembles déjà rencontrés sur le canon de 42″, ensembles qui dans leur subordination relative constituent la caractéristique du système d'artillerie Schneider de campagne. Nous allons successivement les passer en revue, en notant les détails par lesquels ils se différencient des analogues du matériel précédent.

§. 1. — Bouche à feu

La BOUCHE A FEU, dont le tube, de 13 calibres de longueur, porte 64 rayures de pas constant inclinées à droite de 8°55, est renforcée par une surépaisseur arrière et deux manchons. Le manchon de volée s'étend jusqu'à la bouche. Posé à chaud avec serrage, il est épaulé sur le tube et agrafé à l'arrière. Le manchon de culasse, posé également à chaud avec serrage, est lié au tube par un vissage arrière. Il porte à sa partie supérieure arrière un renforcement qui constitue une masse d'équilibrage de la partie oscillante. Il reçoit les oreilles de l'axe de charnière du mécanisme de culasse.

Le MÉCANISME DE CULASSE (fig. 4). — La culasse est du système Schneider à vis excentrée et filets interrompus du type déjà connu, mais sans dispositif de retenue du projectile et comportant un appareil de percussion à marteau et à répétition que nous allons décrire.

Appareil de percussion. — Cet appareil se compose d'un marteau mobile autour d'un arbre horizontal, d'un poussoir de percuteur et d'un percuteur.

Le *marteau* est formé d'une tête frappante portée à l'extrémité d'un bras pivotant autour d'un arbre horizontal fixé, par l'intermédiaire d'un support rapporté, sur la tranche arrière de la bouche à feu. Cet arbre est muni d'un œil d'attache du cordeau de mise de feu, et à son extrémité gauche de deux doigts dont nous verrons ultérieurement le rôle.

Le *poussoir de percuteur* est logé dans le bossoir avant du volet. C'est une simple tige cylindrique, avec tête de choc à l'arrière et une embase à l'avant, disposée suivant le prolongement de l'axe de la bouche à feu et dont le rôle consiste uniquement à transmettre l'action du marteau au percuteur.

Le *percuteur* est abrité dans un grain vissé à l'avant de la vis culasse. Il est disposé avec une excentricité de 5 mm. par rapport à l'axe de la vis et constamment sollicité vers l'arrière par un ressort spiral.

Les sécurités que comprend le mécanisme de culasse sont les suivantes :

1° *Sécurité contre le dévirage de la culasse au départ du coup.*

2° *Sécurité contre les mises de feu prématurées par suite de la rupture de la pointe du percuteur.*

Ces deux sécurités sont identiques à celles existant sur le canon de 42″.

3° *Sécurité contre les mises de feu prématurées avant fermeture complète de la culasse.* Cette sécurité comporte un ergot poussé sur le bras du marteau et son logement pratiqué sur l'arrière de la vis culasse. L'engagement de l'ergot dans son logement, qui a lieu à travers une ouverture ménagée dans le volet, ne peut se produire que lorsque la vis est complètement virée, c'est-à-dire lorsque la fermeture est complète. En effet, à ce moment seulement, le logement de l'ergot se présente en face de l'ouverture du volet. Dans toute autre position de la vis, l'ergot interdit le contact de la tête du marteau et du poussoir du percuteur.

4° *Sécurité contre les longs feux.* Son objet est, comme l'on sait, de verrouiller la culasse dès l'instant de la mise de feu et jusqu'au départ effectif du coup.

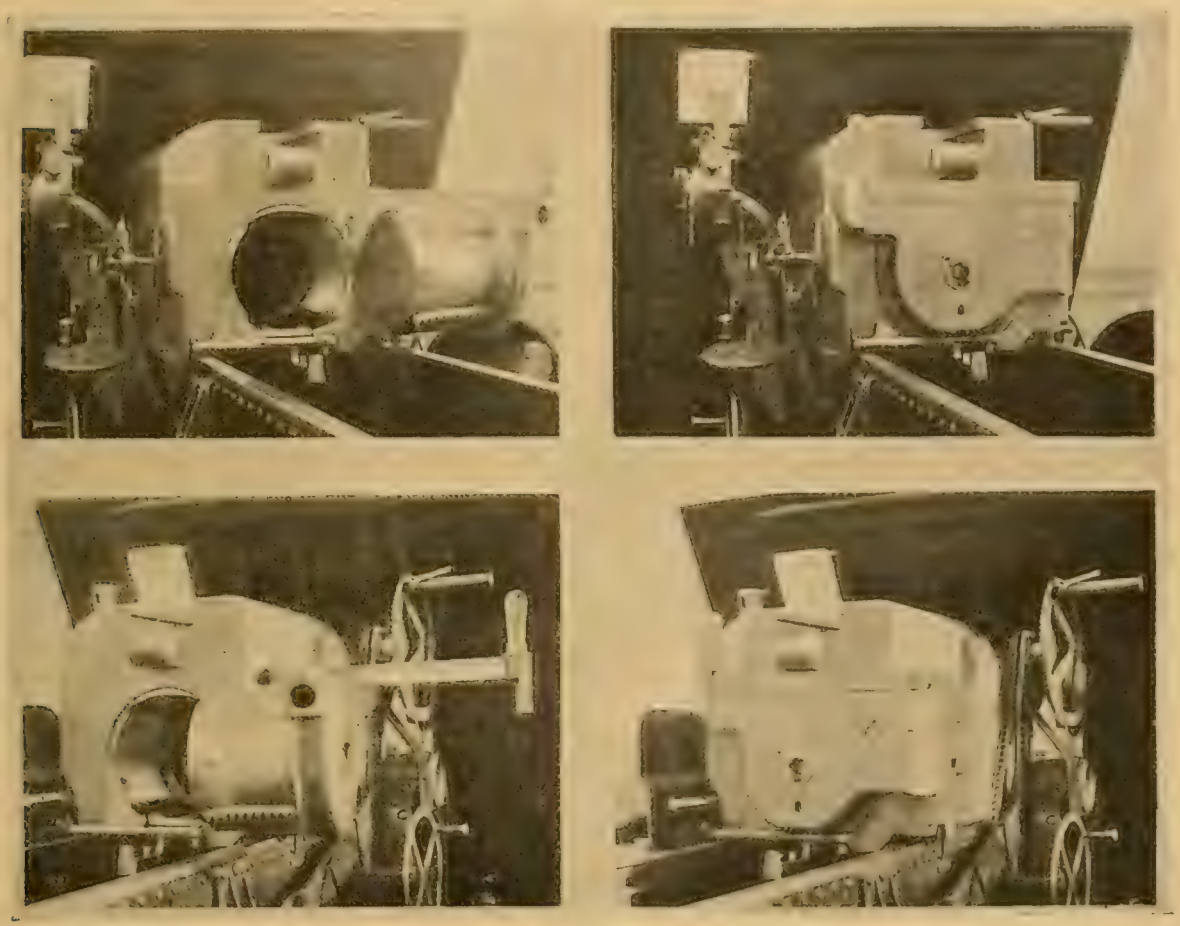
Elle est constituée par un verrou, logé suivant un rayon dans la tranche arrière de l'obusier, qu'un ressort à boudin tend à repousser dans une encoche existant sur la périphérie de la vis culasse. Sur le bloc du verrou est fixé un ressort plat muni d'un redan d'accrochage sur le côté de l'obusier. Lorsque le verrou est accroché, il est de cette façon maintenu hors de son logement.

Cette sécurité fonctionne de la façon suivante. Au moment de la mise de feu, l'un des doigts de l'extrémité gauche de l'axe du marteau est attaqué par la commande de mise de feu. Sous cette

action, l'axe tourne sur lui-même, et, au cours de sa rotation, le 2ᵉ doigt dont son extrémité est garnie frappe le ressort à la lame de la sécurité, en le décrochant de l'obusier. Le verrou se précipite aussitôt dans son logement de la vis culasse et immobilise cette dernière tant que le coup n'est pas parti. Dans ce cas, pour permettre l'ouverture, il faut retirer le verrou à la main et l'accrocher à nouveau sur l'obusier, manœuvre que le servant ne peut exécuter que d'après un ordre reçu ou de sa propre initiative, mais alors avec la pleine connaissance de l'importance de l'acte qu'il accomplit.

Si le coup est parti, le recul de la pièce amène la tête du verrou au contact d'une rampe fixée sur le berceau. En se déplaçant sur cette rampe, la tête du verrou entraîne le retrait du verrou de son logement de la vis culasse. En fin de recul, le ressort plat s'accroche sur l'obusier et l'autorisation d'ouverture de la culasse est automatiquement accordée.

5° *Sécurité contre un mouvement intempestif du marteau dans la position d'ouverture de la culasse.* Le but de cette sécurité est d'éviter le coincement du marteau entre la tranche arrière de l'obusier et l'avant de la vis au moment de la fermeture, accident à redouter dans la précipitation d'un tir rapide. La sécurité est formée par un verrou logé dans le support de l'arbre du marteau. Le bloc de ce verrou, qui tend toujours à être repoussé du fond de son logement par un ressort à boudin, peut embrasser l'arbre du marteau et l'immobiliser. Mais dans la manœuvre de fermeture de la culasse, lorsque la vis a déjà pénétré dans son écrou et que le volet s'est appliqué sur la tranche arrière de l'obusier, la face inférieure du volet refoule le verrou et dégage l'arbre du marteau.



CULASSE OUVERTE — CULASSE FERMÉE

Fig. 4. — *Culasse Schneider à vis excentrée et filets interrompus.*

6° *Sécurité de route.* Elle consiste dans l'immobilisation du marteau dans sa position de relevage pour la route. Logée dans l'arrière du volet concentriquement à l'ouverture qui donne passage à la tête du marteau, elle est constituée par une douille cylindrique tournant sur elle-même

sous l'action exercée sur un doigt molleté dont elle est munie. Dans une de ses positions extrêmes, la lèvre de cette douille s'accroche sur une échancrure du dessous de la tête du marteau et verrouille ce dernier.

§ 2. — Traîneau

Il ne peut retenir notre attention, étant analogue à celui du canon de 42^m^. Mais sa liaison à la bouche à feu doit être distinguée, car son organisation est un des éléments qui permettent la rapide formation de route ou de mise en batterie.

Cette liaison des deux pièces est obtenue à l'avant par un collier, embrassant la bouche à feu, muni à sa partie inférieure d'un tenon s'engageant dans une mortaise du traîneau. Cette disposition est destinée à combattre la tendance au soulèvement de l'obusier. A l'arrière, la liaison est réalisée par un calage comportant une clavette, fixée par des adents sur le traîneau, sur la face supérieure de laquelle est taillé un filetage interrompu formant écrou à un filetage correspondant porté par le manchon de culasse. Le mouvement de la clavette est commandé par un arbre à vis sans fin, en prise avec une denture de la clavette. L'arbre de la vis, logé dans le traîneau, est terminé par un carré de réception d'une clé de manœuvre. Grâce à l'interruption des filets de la clavette, le désassemblage du traîneau et de la bouche à feu est quasi instantané.

Le FREIN, logé comme l'on sait dans le traîneau, est analogue à celui déjà connu.

Les RÉCUPÉRATEURS sont au nombre de deux, travaillent en parallèle, et sont analogues à ceux déjà décrits. Toutefois ils ne comportent chacun qu'un seul réservoir auxiliaire. Ces deux réservoirs communiquent d'ailleurs entre eux par un canal transversal débouchant dans un troisième réservoir de petite capacité, logé suivant l'axe du traîneau. Les deux récupérateurs sont disposés symétriquement par rapport au frein qui occupe le plan médian du traîneau.

Le MODÉRATEUR DE RENTRÉE EN BATTERIE est conforme au type étudié sur le canon de 42^m^.

§ 3. — Berceau

Le BERCEAU ne se distingue pas de celui de ce dernier matériel. Il est seulement renforcé par une quatrième entretoise formant butée des secteurs de pointage en hauteur qui ne sont plus ici rivés sur la tôle du berceau. La masse oscillante peut, en effet, prendre un mouvement indépendant de celui que lui communique le mécanisme de pointage et qui lui est transmis par un mécanisme spécial, dit de relevage à la position de chargement, dont nous allons voir le but et le fonctionnement.

Le MÉCANISME DE COMMANDE DE MISE EN FEU est porté comme précédemment par le côté gauche du berceau. Il comprend encore une tirette actionnée par l'une ou l'autre de deux poignées avant et arrière. Cette tirette est munie d'un ressort de rappel vers l'arrière et d'un doigt d'attaque de l'arbre du marteau.

Le mécanisme de commande de mise de feu est accompagné de deux *sécurités*. La première a pour objet l'interdiction de la mise en feu, quand la bouche à feu n'est pas clavetée sur le traîneau. Elle est formée par un bonhomme à ressort logé dans le traîneau et faisant saillie dans une encoche de l'obusier quand il est claveté. En dehors de cette position, le bonhomme s'efface et vient appuyer sur la tête d'une biellette montée à l'extrémité avant d'un arbre disposé parallèlement à la bouche à feu. L'autre bout de l'arbre porte un levier qui repousse vers le haut un verrou, à ressort de rappel, dont la tête vient se placer devant le doigt d'attaque de l'arbre du marteau et empêcher ainsi la mise de feu.

La deuxième sécurité interdit la mise de feu lorsque le berceau ne repose pas sur les secteurs de pointage et qu'il est, par exemple, à la position de chargement. Elle comprend un verrou à ressort porté par la tirette de mise de feu. Ce verrou est repoussé au fond de son logement par le secteur de pointage de gauche, lorsque le berceau est à la position de tir, c'est-à-dire s'appuie sur les secteurs. Dans toute autre position, le ressort du verrou engage ce dernier dans une encoche de la plaque de garde et enclanche la mise de feu.

§ 4. — Mécanisme de relevage à la position de chargement

On comprend aisément qu'il ne soit pas facile de charger la pièce sous des angles qui peuvent atteindre 43° avec un projectile de 100 kg. qui, par lui-même, est peu maniable. Il a donc fallu prendre certaines dispositions, que nous verrons plus loin, en adoptant des moyens propres à rendre plus facile l'introduction du projectile dans la chambre. Ce sont ces facilités d'introduction que réalise le mécanisme de relevage à la position de chargement. Grâce à lui, sans recourir au mécanisme de pointage en hauteur dont le fonctionnement n'est pas entravé, il est possible de ramener la partie oscillante à l'angle de — 10° qui a été considéré comme le plus favorable pour charger l'obusier. Sous cet angle, le retour vers l'arrière du projectile n'est pas à craindre, et l'on

a ainsi pu se dispenser de recourir à un dispositif spécial de retenue des munitions.

Le mécanisme de relevage comporte un volant de commande avec son système d'immobilisation, l'intermédiaire de transmission du mouvement et le secteur de relevage qui transmet ce mouvement au berceau.

Le *volant de commande* est porté par le secteur de pointage en hauteur de droite. Il est muni d'une poignée renfermant un bonhomme à ressort dont le talon peut s'engager dans les crans que porte à sa périphérie une roue dite d'immobilisation placée parallèlement et derrière le volant.

L'intermédiaire de transmission du mouvement comprend un pignon à chaîne Galle, une chaîne Galle et une roue. Le pignon est taillé à l'extrémité de l'arbre du volant et est susceptible d'un mouvement en hauteur pour le réglage de la chaîne Galle. Le réglage de la tension résulte de la disposition à excentrique de la roue d'immobilisation munie d'une poignée de manœuvre. La chaîne Galle passe enfin sur une roue portée par le secteur de pointage de droite.

Le *secteur de relevage*, fixé sous le côté droit du berceau, engrène avec un pignon monté sur le même axe que la roue de chaîne Galle.

Ce mécanisme est complété par un verrouillage du berceau sur les secteurs de pointage par l'intermédiaire du secteur de relevage. A cet effet, une pièce ou verrou coulissant sur l'axe de la roue à chaîne Galle peut s'engager dans un logement du secteur de relevage sous l'action d'un bonhomme à ressort logé dans l'axe de la roue. Le verrou, qui porte un pignon engrenant le secteur, a son coulissement commandé par une rampe terminée par une butée existant sur la joue de la roue à chaîne Galle.

Voici le fonctionnement de ce mécanisme :

Pour donner la position de chargement, l'un des servants, en saisissant la poignée du volant de commande, s'empare du même mouvement du levier de déclanchement de la poignée sur la roue d'immobilisation. La rotation du volant est alors permise et se communique, par l'intermédiaire du pignon monté sur son axe et de la chaîne Galle, à la roue à chaîne Galle. Dans la première partie de son mouvement, la rampe que porte la joue de cette dernière fait coulisser le verrou d'accrochage, qui quitte son logement sur le secteur de relevage et détruit ainsi à cet instant la solidarité qui existait jusque-là entre le système berceau-secteur de relevage et le secteur de pointage. Après 1/6 de tour, la butée qui termine la rampe est venue s'appuyer sur le verrou et peut entraîner ce dernier dans sa rotation. Cette rotation se communique enfin au secteur de relevage par l'intermédiaire du pignon que porte le verrou. Le tourillonnement du secteur, centré sur l'axe des tourillons, amène enfin le berceau, et par suite l'obusier, à la position convenable de —10°. Ce mouvement de relevage est limité par des butées portées par le secteur et le fourreau d'essieu.

La pièce étant chargée est ensuite ramenée à sa position de repos sur les secteurs de pointage en hauteur, sur lesquels elle se verrouille automatiquement en fin de course. On n'aura pas manqué de remarquer que l'indépendance des secteurs de pointage et de relevage est restée absolue pendant toute la période de manœuvre de chargement, circonstance qui favorise la rapidité du tir, puisque les deux opérations de chargement et de pointage peuvent ainsi se faire simultanément.

L'appareil de chargement est constitué par une civière comportant une cuillère destinée à recevoir le dépôt du projectile. Elle est munie de 4 leviers portereaux à genouillère et de 4 pieds gabariés, de manière à assurer leur centrage au moment de leur installation sur le berceau. La civière repose sur le berceau par 4 galets auxquels les patins de recul servent de chemin de roulement. La cuillère porte enfin à l'avant un accrochage sur le traîneau.

Manœuvre de chargement. — Les projectiles approvisionnés reposent sur le sol par le culot, position dans laquelle ils sont facilement basculés pour être couchés sur la cuillère de la civière portant sur ses 4 pieds. La civière est ensuite transportée par 2 ou 4 servants sur le berceau, où l'enrayage de ses galets est facilité par le guidage des pieds. Repoussée à bras, elle s'agraffe enfin à l'arrière du traîneau. A l'aide d'un refouloir, le projectile qui a été rejeté sur la planchette de chargement est ensuite engagé dans la chambre de chargement.

A la fermeture, la vis culasse assure la position définitive de la charge qui a été complétée par l'introduction de la douille, indépendante du projectile.

§ 5. — Affût

L'affût et la *bêche de crosse* sont organiquement identiques aux mêmes éléments du 42[m]. Le flasque de gauche de l'affût porte une plateforme pour le pointeur, une autre pour l'un des chargeurs, le flasque de droite une plateforme pour le servant de culasse, une deuxième pour le deuxième chargeur.

Le *levier de pointage*, constitué par un tube muni à chaque extrémité d'une douille recevant une traverse, est porté par deux supports fixés sur la queue d'affût. Le support avant reçoit les

portées de la traverse avant, le support arrière la douille de cette même traverse.

Le levier de pointage peut occuper trois positions : l'une de tir, dans laquelle il est maintenu par des sus-bandes dans ses supports, l'autre de route, dans laquelle il est rabattu et verrouillé sur la flèche, la 3e enfin, qui est celle de formation de voiture, dans laquelle il repose par une portée milieu dans le support arrière perpendiculairement à la flèche.

Le *mécanisme de pointage en hauteur et le mécanisme de pointage en direction* sont analogues à ceux du canon de campagne de 42 .

L'*essieu, les roues, le masque* sont également semblables aux éléments analogues de ce dernier matériel.

Le *frein de route* est constitué par deux sabots en acier portés par des bras clavetés sur un tube qui les entretoise. Ce tube est lui-même porté par des supports fixés sur la tête d'affût. La commande du frein comporte un volant monté à l'avant à l'extrémité d'un axe à vis sans fin dont l'écrou est relié par une bielle au tube entretoise.

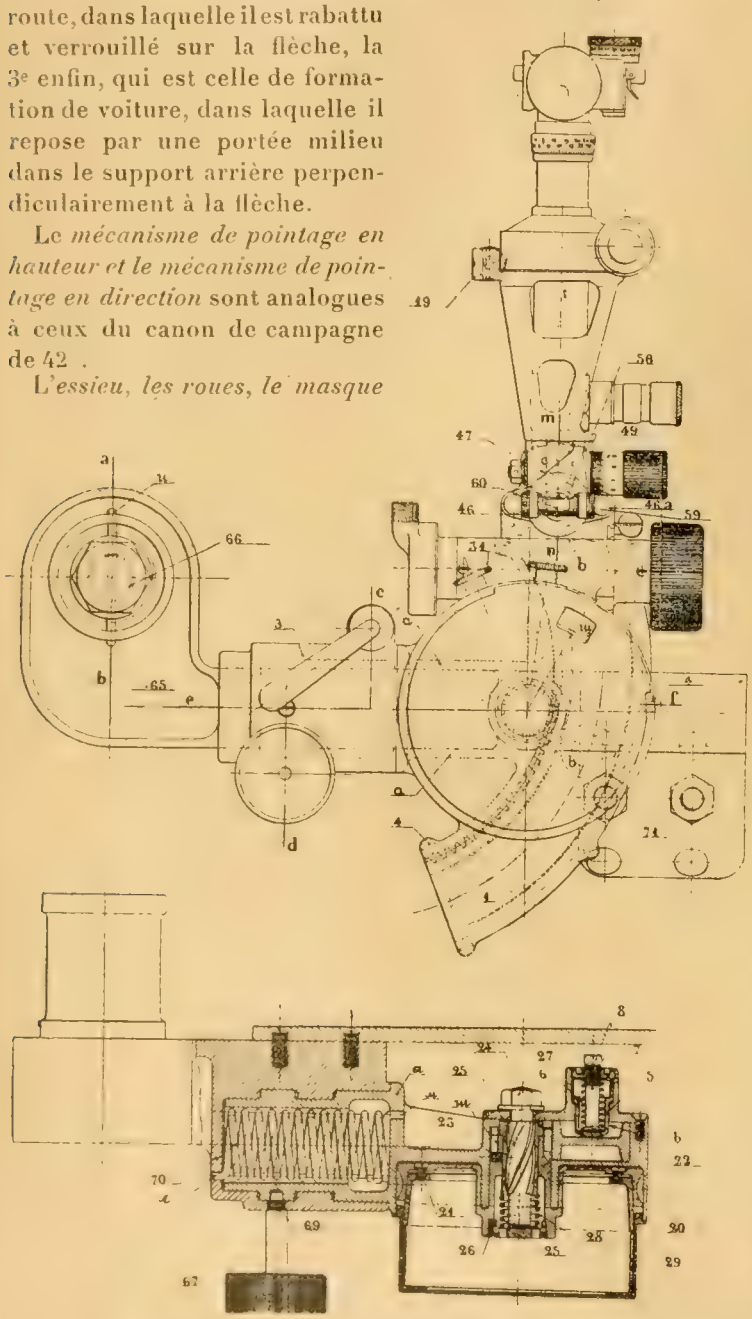


Fig. 5.— *Appareil de visée Schneider, à tambour, à goniomètres et lunette panoramique.*

§ 6. — Appareil de visée

L'*appareil de visée* est placé à gauche de la pièce. Il est relié au secteur de pointage par un support boulonné qui porte le bâti de l'appareil. Il peut ainsi tourillonner autour de l'axe des tourillons en même temps que l'obusier.

L'appareil de visée (fig. 5 à 8) comprend comme l'on sait :

Un dispositif pour la correction de l'inclinaison des tourillons ;

Un dispositif pour les angles de site ;

Un dispositif pour les angles de tir ;

Une lunette panoramique comportant un goniomètre azimutal, un goniomètre zénithal et un viseur chercheur.

Nous connaissons le rôle de ces organes ; nous allons en compléter la connaissance par la description de leur constitution et l'indication de leur fonctionnement.

Le *dispositif pour la correction de l'inclinaison des tourillons* est constitué par une vis sans fin engrenant avec un secteur denté que porte l'un des adents du tenon par lequel le bâti est engagé dans la douille du support. Cette vis est actionnée par une clé ou une molette 67 et l'enregistrement du mouvement se fait sur un niveau transversal.

Fonctionnement. Par une action convenable sur la clé, la vis sans fin, en provoquant la rotation du bâti 23 dans son support 69 autour d'un axe parallèle par construction à celui de l'obusier, ramène le plan de visée de la lunette dans le plan vertical, s'il en était primitivement écarté par suite de l'installation de la pièce sur un terrain où les roues ne sont pas au même niveau. Ce résultat est atteint quand la bulle du niveau transversal est revenue entre ses repères.

Le bâti est bloqué dans sa nouvelle position à

l'aide d'une deuxième clé 3, qui serre la douille fendue du support sur le tenon du bâti.

Le *dispositif des angles de site* est fixé sur le secteur denté porte-lunette, dit de hausse, que nous rencontrerons plus loin. Il comprend un niveau latéral 60, dont le corps porte une roue hélicoïdale engrenant avec une vis sans fin commandée par un bouton molleté et un index qui se déplace devant une graduation en centaines de millièmes. Le vernier au 1/100 de cette graduation est constitué par un tambour divisé 49, monté sur l'axe de la vis sans fin.

Pour tenir compte de l'angle de site, on agit sur le bouton molleté de façon à faire marquer par les index sur l'échelle principale et sur le vernier l'angle de site signalé. L'action du bouton, transmise par la vis et la roue dentée, rejette hors de ses repères la bulle du niveau. Cette bulle est ensuite ramenée au zéro en agissant sur le mécanisme de pointage en hauteur de l'obusier, qui fait tourillonner à la fois l'ensemble de l'appareil de visée et la masse oscillante. Cette dernière tourne donc dans ces conditions d'un angle égal à l'angle de site.

Le *dispositif des angles de tir* comporte un secteur denté 1 portant le support conique de la lunette panoramique et un niveau qui est d'ailleurs celui même du dispositif des angles de site. Le mouvement est commandé par une molette dont l'axe porte une vis sans fin engrenant avec une roue hélicoïdale 22. Sur l'axe creux de cette roue, qui possède un rattrapage de jeu 25, est taillé un pignon qui engrène avec le secteur porte-lunette. Le secteur peut également être déplacé à la main pour éviter, lors des mouvements de grande amplitude, des pertes de temps résultant de l'action plus lente de la molette. A cet effet, l'axe-vis de la molette est portée d'une façon excentrique par une bague pouvant tourner sur elle-même et provoquant le débrayage de la roue et de la vis. Le secteur est alors susceptible de recevoir une commande directe.

Les mouvements du secteur accusés par le niveau sont enregistrés sur un tambour 20 fixé sur la roue. La surface de ce tambour porte une graduation périphérique en millièmes et trois autres graduations concentriques qui, au lieu d'être chiffrées en angles de tir, sont chiffrées en portées correspondantes, chacune de ces graduations étant relative à des conditions balistiques différentes (poids du projectile et vitesses initiales variables). Le tambour est recouvert d'un écran percé d'autant de fenêtres qu'il existe d'échelles. Cet écran est manœuvré à la main et fixé à l'aide de taquets à ressort dont les embases peuvent se loger dans les encoches pratiquées sur la douille d'un écran fixe 29. Ce dernier porte une large ouverture devant laquelle peuvent venir se présenter successivement les fenêtres de l'écran mobile. Un frein permet de déplacer légèrement l'écran fixe pour obvier aux petits déréglages de l'appareil.

Pour donner l'angle de tir commandé, le pointeur, par une manœuvre convenable des taquets à ressort, a préalablement amené dans l'ouverture de l'écran fixe la fenêtre de l'écran mobile qui correspond aux conditions du tir. Ensuite, par une action directe sur le secteur porte-lunette qu'il a débrayé, si l'amplitude du mouvement à lui communiquer est grande, ou par une action exercée sur la molette dans le cas contraire, et en tout cas pour terminer le mouvement, le pointeur conduit devant l'index de la fenêtre la division « portée » qui lui a été signalée.

Fig. 6. — *Appareil de visée Schneider, vu de face à gauche.*

Le mouvement communiqué ainsi au secteur porte-lunette a rejeté hors de ses repères la bulle du niveau 60. Pour la ramener entre ceux-ci, il faut ensuite agir, comme dans le cas de l'angle de site, sur le mécanisme de pointage en hauteur de l'obusier.

On a donc ainsi successivement fait tourillonner l'obusier : 1° de l'angle de site, 2° de l'angle de tir, et ces deux angles se sont ajoutés

algébriquement. L'axe du canon, qui est horizontal pour l'angle de site 0 et la portée 0, la bulle du niveau 60 étant entre ses repères, fait donc bien avec le plan horizontal l'angle de projection convenable pour atteindre le but. L'obusier est alors pointé en hauteur.

La *lunette panoramique* (fig. 8) est fixée sur la douille conique portée par le secteur de hausse à l'aide d'un serrage et d'un accrochage. Elle comprend un système optique formant lunette astronomique et un système de prismes.

Le système optique se compose d'un objectif formé par une lentille bi-convexe associée à une lentille plan-concave donnant une image renversée et inversée, et d'un oculaire agrandissant cette image et constitué par deux milieux identiques comprenant chacun une lentille bi-convexe accolée à une lentille concave-convexe.

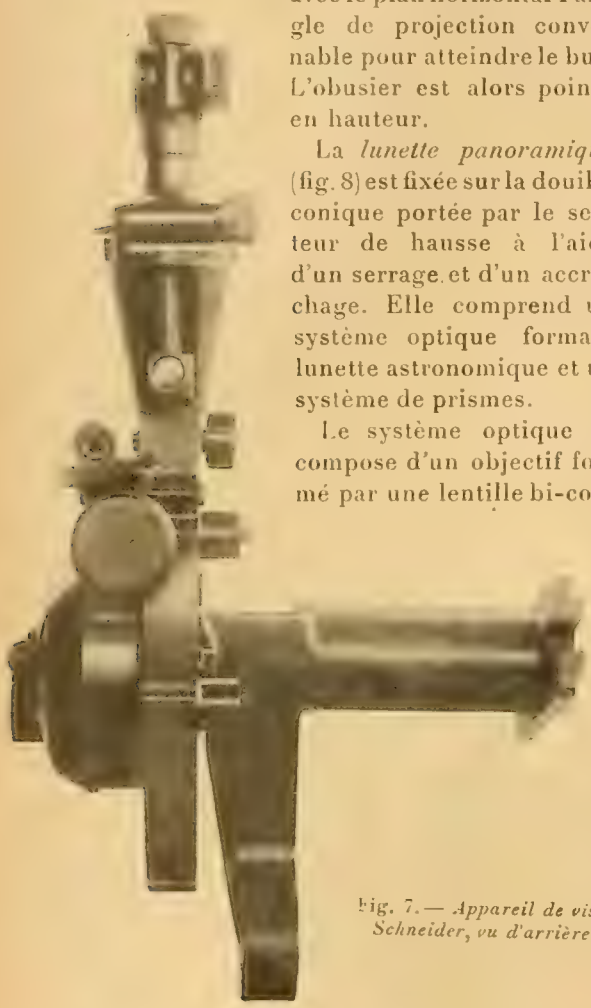


Fig. 7. — *Appareil de visée Schneider, vu d'arrière.*

La lunette est munie d'un réticule sur lame de verre à faces parallèles situé au foyer de l'oculaire et éclairé par une fenêtre latérale fermée par un verre rouge.

Le grossissement de la lunette est de 4, son champ réel de 10°. Pour redresser l'image fournie par la lunette astronomique, on a recours à un système de prismes.

Le système de prismes comprend un premier prisme objectif à réflexion totale qui renverse et inverse les rayons et les renvoie sur un deuxième prisme qui les redresse avant leur réception sur l'objectif. A la sortie de ce dernier, renversés et inversés, ils parviennent sur un 3e prisme qui les dévie à 90°, et, grâce à la disposition de ses toits, les rétablit dans leur position primitive avant de les laisser pénétrer dans l'oculaire qui fournit bien ainsi une image droite et agrandie.

Pour permettre le choix du repère dans un azimut quelconque compris entre 0 et 360° et dans un site variable de 0 à ±300 millièmes, le prisme objectif est susceptible de recevoir un double mouvement autour d'un axe horizontal et d'un axe vertical dans les conditions que nous indiquerons. Mais la rotation de ce prisme entraîne celle de l'image, qui se coucherait par rapport à son milieu pour une rotation de 90° du prisme. Il en résulterait pour le pointeur une difficulté d'identification que l'on élimine par l'organisation suivante :

Le 2e prisme possédant la propriété de faire tourner l'image d'un angle 2α, quand le 1er prisme tourne de α, il suffira donc de lier les rotations de ces deux prismes de telle façon que celle du deuxième soit deux fois plus petite et de signe contraire à celle du prisme objectif. A cet effet, le tube porteur du prisme objectif est muni à la base d'une couronne dentée ; entre celle-ci et une couronne identique fixe se meut un pignon planétaire dont l'axe est monté sur le tube porteur du deuxième prisme.

La lunette porte à sa partie supérieure un viseur-chercheur constitué par un simple tube prismatique dont le fond avant porte un réticule et le fond arrière une fenêtre de visée. Le viseur peut tourner à la main autour d'un axe horizontal et sa rotation est liée à celle du prisme objectif. Dans ce but, la monture de ce dernier porte une crémaillère engrenant avec une denture de rayon moitié moindre montée sur l'axe de rotation du viseur. Il en résulte que celui-ci tourne d'un angle double de celui du prisme, et les axes de visée du viseur et de la lunette restent ainsi constamment parallèles.

Le *goniomètre azimutal* enregistre les rotations du prisme objectif autour de l'axe vertical. Ces rotations sont obtenues en agissant sur un bouton molleté que porte la monture de la lunette. Sur l'axe de ce bouton est taillée une vis sans fin engrenant avec une couronne dentée appartenant au tube porteur du prisme.

L'enregistrement de ces rotations du prisme objectif se fait sur un tambour qui dépend du tube porteur et sur lequel est gravée une échelle divisée en centaines de millièmes se déplaçant devant un index du corps de la lunette.

Cette échelle a pour vernier au 1/100 une

nouvelle graduation que porte un tambour monté sur l'axe du bouton de commande[1].

Le goniomètre zénithal enregistre les rotations autour de l'axe horizontal du prisme objectif. Ces rotations sont provoquées par le bouton ins-

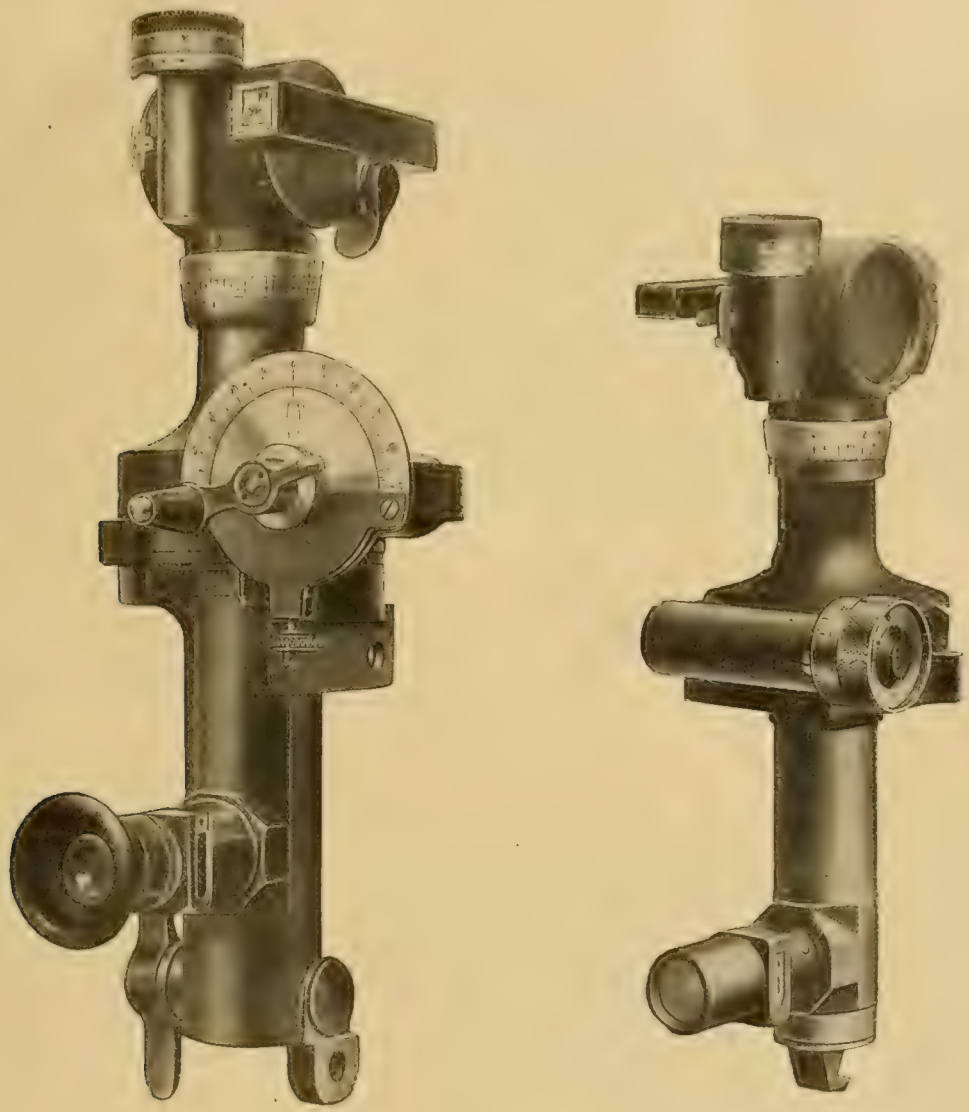


Fig. 8. — *Deux types de lunettes panoramiques Schneider.*
(Clichés de *La Science et la Vie*).

tallé sur la tête de la lunette. L'axe de ce bouton porte une vis sans fin qui engrène avec un secteur vissé sur la monture du prisme.

L'enregistrement du mouvement a lieu sur une échelle en centaines de millièmes gravée de 0 à ± 3 sur la monture même du prisme et apparaissant dans une échancrure de la gaine. Le vernier au 1/100 est porté par le tambour fixé sur l'axe du bouton de commande.

L'axe du canon est parallèle à la ligne de visée quand les index de toutes les échelles sont en concordance avec leurs divisions « 0 ».

§ 7. — Formation de route

La formation de route, par la nature des manœuvres qu'elle nécessite, constitue, nous l'avons dit, la caractéristique essentielle de ce matériel.

1. Les lunettes Schneider comportent souvent une autre disposition plus avantageuse de l'enregistrement des azimuts : La graduation principale est gravée le long de deux demi-circonférences qui s'élèvent à partir de l'origine; il n'y a jamais ainsi de doute sur le sens du déplacement. Quant à la graduation secondaire, elle est inscrite sur un demi-plateau fixe devant lequel se meut un plateau mobile monte sur l'axe de commande pourvu d'une petite manivelle de manœuvre. Aux deux extrémités d'un même diamètre du plateau mobile et pour servir d'index est gravé un canon, vu en plan, dont un seul est visible à la fois, l'autre restant caché par un recouvrement. Cette disposition a l'avantage de dissiper toute hésitation sur l'orientation du déplacement du coup, qui est celui de l'index lui-même.

La formation de route comprend la constitution de deux voitures : la voiture obusier et la voiture affût (fig. 9 et 10).

La VOITURE OBUSIER est formée d'un arrière-train sur lequel vient reposer le corps de l'obusier et d'un avant-train relié au premier par une fausse flèche.

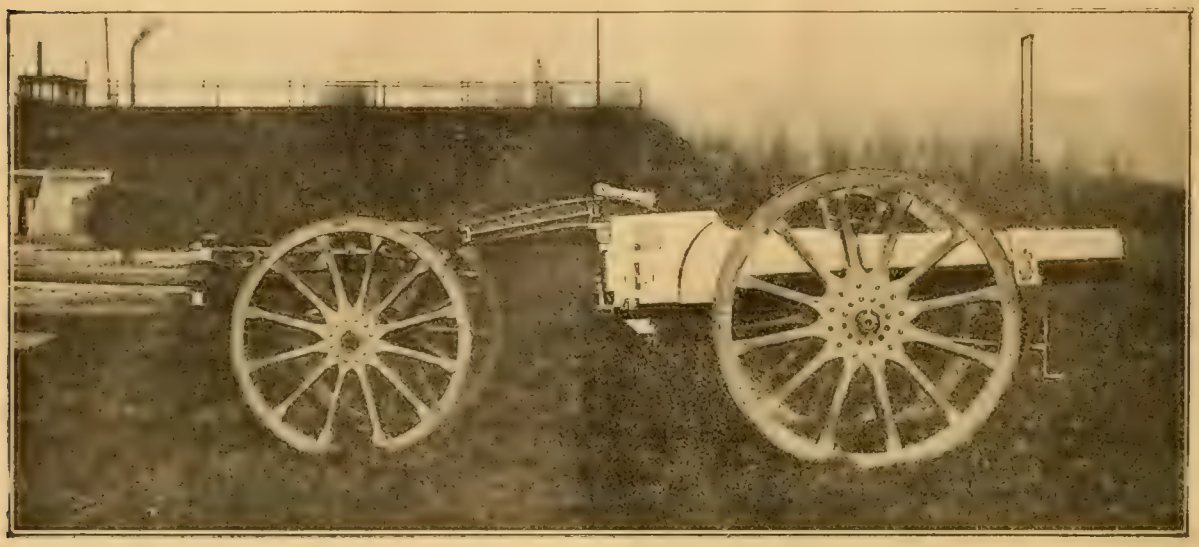


Fig. 9. — *Obusier Schneider de 8" (voiture obusier).*

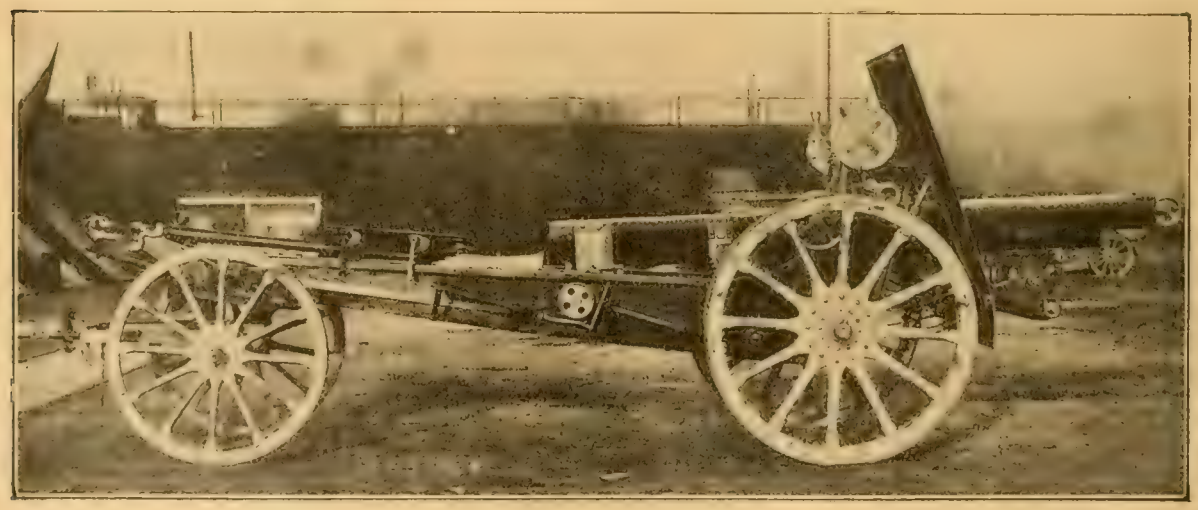


Fig. 10. — *Obusier Schneider de 8" (voiture affût).*

L'arrière-train comporte un essieu et deux roues identiques aux roues d'affût. L'essieu est droit et porte, venue de forge avec lui, la partie fixe du collier qui embrasse le corps de l'obusier.

L'avant-train se compose d'un essieu, de deux roues identiques aux précédentes, d'un châssis et d'un système de traction.

L'essieu est formé d'un tube; sur ses portées d'extrémités sont clavetées les fusées. Sur la partie milieu de l'essieu sont fixées par des vis les brides d'attache du châssis et frettées les bagues de roulement des deux galets de formation de la voiture obusier.

Le châssis est formé par deux tôles latérales rivées sur les brides d'attache à l'essieu, des tôles de dessus et de dessous.

La tôle de dessous porte la cheville ouvrière d'attelage de la fausse flèche et le guide du contre-appui.

Le système de traction se compose d'un timon et deux palonniers reliés à l'avant-train par une liaison élastique à ressort.

La *fausse flèche* est constituée par une poutre à caisson formée par des tôles de côté, une pièce de dessus, une pièce de dessous. Elle porte à l'arrière la lunette de cheville ouvrière et la plaque de contre-appui ; à l'avant, à la partie inférieure, un axe à robinet commandé par une manivelle pour la liaison à l'obusier.

La formation de la voiture obusier.—Nous allons brièvement indiquer les manœuvres que demande la formation de cette voiture, afin de faire reconnaître par le lecteur lui-même ce qu'a de remarquable, comme nous le lui avons signalé, les dispositions auxquelles on a eu recours.

A cet effet, le matériel est pourvu de certains accessoires dont la mise en place est instantanée et qui sont : deux galets dont les cages sont portées par l'avant de l'obusier, un treuil de manœuvre fixé sur un bâti qui peut s'engager dans des coulisses placées sous l'avant du berceau, et enfin deux rails amovibles qui viennent reposer sur la flèche.

Ces accessoires étant disposés, la succession des manœuvres est alors la suivante :

1° Fixer la fausse flèche sur l'arrière de l'obusier et enlever le levier de pointage ;

2° Amener l'avant-train sous la fausse flèche et coiffer la cheville ouvrière de l'avant-train, en mettant la masse oscillante à sa position d'accrochage sur l'affût ;

3° Déclaveter l'obusier du traîneau ;

4° Laisser l'obusier rouler par ses galets sur le berceau, freiner le mouvement de descente à l'aide du treuil dont le câble est attaché sur l'obusier et l'arrêter pour monter l'arrière-train sur l'obusier ;

5° Monter l'essieu et les roues d'arrière-train ;

6° Continuer à laisser descendre la voiture canon jusqu'à ce que les roues aient pris le contact du sol, monter le frein de route et détacher le câble du treuil.

La VOITURE AFFUT est formée par l'affût monté sur ses roues et dont la flèche vient reposer sur un avant-train semblable à celui de l'avant-train de la voiture obusier.

Pour former cette voiture :

1° Soulever la flèche au moyen du levier de pointage disposé en travers et accrocher la bêche mobile sous la flèche ;

2° Amener l'avant-train sous la flèche et coiffer la cheville ouvrière par la lunette de crosse.

Nous terminerons cette description par quelques renseignements numériques.

RENSEIGNEMENTS NUMÉRIQUES
sur l'obusier Schneider de 8ᶜᵐ de campagne

DONNÉES GÉNÉRALES

Calibre	en mm.	203,2		
Poids du projectile	en kg.	100		
Vitesses initiales	en m.	305	333	365
Portées maxima à l'angle de 43°	en m.	7,800	8.600	9.600

BOUCHE A FEU

Puissance vive max. à la bouche	en tm.	679
Rendement par kg. de la bouche à feu	en kgm.	318
— de la pièce en batterie	—	124
Longueur totale	en mm.	2.640
	en diam.	13
Nombre de rayures		64

AFFUT

Hauteur de la ligne de feu	mm.	1.640
— de mire	—	1.500
Amplitude du pointage — en hauteur — négatif en deg. sex.		0
Amplitude du pointage — en hauteur — positif		43
Amplitude du pointage — en direction — à droite		3
Amplitude du pointage — en direction — à gauche		3

POIDS

De la bouche à feu sans fermeture	kg.	2.009	
De la fermeture de la culasse	—	124	
Du traîneau reculant	—	849	
De la partie reculante			2.982
De la partie non reculante du traîneau	kg.	55	
Berceau complet. Partie oscillante.	—	463	
			518
Poids de la partie oscillante			3.500
Affût en batterie	kg.	1.581	
Roues	—	324	
			1.955
Poids total de la pièce en batterie			5.455
Bouche à feu avec culasse	kg.	2.133	
Arrière-train	—	731	
Avant-train	—	351	
Poids de la voiture-obusier			3.215
Affût et accessoires	kg.	3.322	
Avant-train	—	307	
Poids de la voiture-affût			3.629

Cᵗ X

(A suivre.)

L'INSTITUTION CARNEGIE DE WASHINGTON

L'Institution Carnegie de Washington a été fondée par Andrew Carnegie, le 28 janvier 1902, par un don de 50 millions de francs; à ce fond, il ajouta, le 10 décembre 1907, 10 millions de francs et 50 millions le 19 janvier 1911, ce qui porte à 110 millions, donnant un intérêt annuel de 5 %, le patrimoine actuel de l'Institution.

Ces ressources princières ont permis de réaliser déjà une œuvre considérable, qui place l'Institution Carnegie au premier rang de celles qui concourent aux progrès de la science dans le monde. Nous voudrions rappeler brièvement dans cet article le but de l'Institution, les moyens dont elle dispose et les travaux qu'elle a entrepris, nous réservant de revenir ultérieurement sur quelques-uns des résultats obtenus par les savants qui lui sont attachés.

I. — But et organisation générale

L'objet de l'Institution est « d'encourager de la façon la plus large et la plus libérale l'investigation, la recherche et la découverte, et l'application de la connaissance au perfectionnement de l'humanité ».

Pour atteindre ce but, trois moyens principaux ont été adoptés. Le premier implique la création de « départements de recherche » dans l'Institution elle-même, pour attaquer les grands problèmes qui requièrent la collaboration de plusieurs chercheurs, un équipement spécial et un effort continu. Le second consiste à fournir à certaines personnes le moyen d'entreprendre et de mener à terme des investigations non moins importantes, mais qui nécessitent moins de collaboration et d'installations spéciales. Enfin le troisième a pour but d'assurer la publication convenable des résultats obtenus par la mise en œuvre des deux premiers moyens et, d'une façon limitée, d'autres travaux de valeur qui n'ont pu être édités sous d'autres auspices.

L'Institution est placée sous le contrôle d'un conseil de 24 administrateurs, qui se réunit annuellement en décembre pour discuter les affaires de l'Institution en général, les progrès des travaux entrepris, l'initiative de nouveaux projets et pour voter le budget de l'année suivante. Pendant l'intervalle des sessions de ce Conseil, les affaires de l'Institution sont dirigées par un Comité exécutif, choisi parmi les membres du Conseil.

Le travail même de l'Institution est assuré par : une Division administrative, chargée de la direction, des finances et de la correspondance ; une Division des publications, chargée de l'édition et de l'impression des travaux ; onze Départements de recherche et une Division de chercheurs associés. Nous allons entrer dans quelques détails sur l'organisation de ces Départements et de la dernière Division.

II. — Département d'Evolution expérimentale [1]

Les recherches biologiques furent parmi les premières à attirer l'attention de l'Institution. En décembre 1903, M. C. B. Davenport fit approuver le plan d'une station destinée à l'étude expérimentale de l'évolution, et au commencement de 1904 on louait pour 50 ans un terrain d'environ 10 acres à Cold Spring Harbor, sur lequel on élevait les constructions nécessaires.

Les bâtiments utilisés par le Département (fig. 1) comprennent aujourd'hui : le laboratoire principal, avec les bureaux, la ménagerie, la résidence du directeur, des serres, des pigeonniers, un bâtiment pour les chats, etc... ; pour recueillir les organismes marins, la station dispose d'une chaloupe à moteur.

En 1909, le Département a acquis d'autre part une petite île, Goose Island, dans le détroit de Long Island, pour y faire des expériences sur les animaux et les plantes à l'état isolé.

Le Département a entrepris des études sur les théories de l'hérédité qui ont porté sur des animaux : moutons, chèvres, chats, rats, poules, canaris, pigeons et divers insectes, et sur des plantes : haricots, *Bursa*, œnothères (fig. 2), soleils, maïs, pavots, *Lychnis*, *Fraxinus*, etc.; les points suivants ont été spécialement envisagés : dominance, composition factorielle des caractères, présence de génotypes dans les espèces, effets de la sélection, relations entre la structure somatique et les chromosomes, combinaison des divers autres caractères avec le sexe, influence directe des conditions sur le plasma germinatif.

L'étude de l'hérédité chez l'homme se poursuit avec l'aide de l'*Eugenics Record Office*, qui s'est installé aussi à Cold Spring Harbor pour faciliter sa coopération.

1. *Directeur :* M. C. B. Davenport; *Adresse :* Cold Spring Harbor, Long Island, New-York.

III. — Département des recherches botaniques[1].

Le principal établissement de ce Département est le laboratoire édifié à Tucson, dans l'Arizona, au milieu d'un terrain réservé de 863 acres qui porte une végétation désertique caractéristique (fig. 3). Le Département possède également des champs d'expérience et un laboratoire dans la vallée de la rivière Santa-Cruz et à Carmel (Californie); la situation de cette dernière localité sur la côte du Pacifique est particulièrement propre aux recherches sur les réactions des organismes aux agents environnants. Enfin le Département dispose encore de réserves pour plantations dans les monts Santa-Catalina (Arizona) et de stations d'expériences en divers points des États du Sud-Ouest; les altitudes de ces réserves et stations vont de quelques mètres au-dessous du niveau de la mer, au lac Salton (Californie), à 2.500 m. au-dessus dans les monts Santa-Catalina.

Fig. 1. — *Bâtiments de la Station d'Evolution expérimentale.*
De gauche à droite : ménagerie, pigeonnier, serres; laboratoire dans le fond.

Les recherches principales du Département ont porté sur un groupe de problèmes connexes de phyto-chimie, de relations des plantes avec l'eau et de réactions des plantes au milieu. La dissémination et la distribution des plantes désertiques, l'origine et le sort des peuplements végétaux, l'enracinement des plantes, l'humidité du sol et l'évaporation, la mécanique de l'action stomatale et la transpiration, l'équilibre aqueux des plantes dans les régions désertiques ont été tour à tour étudiés.

Fig. 2. — *Champ d'Œnothères pour l'étude des mutations.*

Une attention spéciale a été accordée au phénomène de l'aridité dans les bassins désertiques occupés par des lacs intermittents ou sujets à des fluctuations; l'intérêt s'est concentré sur le lac Salton, formé en 1905 et qui disparaît maintenant à raison de 1 m. 25 de profondeur de moins par an. On a pu y étudier la formation des travertins, les changements initiaux des bois dans la fossilisation, l'accommodation des

1. *Directeur* : M. D. T. Mac Dougal : *Adresse* : Desert Laboratory, Tucson, Arizona.

organismes à la concentration des sels, la mécanique de la revégétation des aires émergées et bien d'autres problèmes.

IV. — Département d'Embryologie[1]

L'origine de ce Département se trouve dans une subvention accordée au Professeur F. P. Mall pour ses recherches embryologiques et au moyen de laquelle il organisa un laboratoire assez grand pour étudier certains problèmes sur une vaste échelle. Aujourd'hui ce laboratoire, complètement outillé, occupe une suite de salles de l'Ecole de Médecine de l'Université John Hopkins.

M. Mall a fait don au Département de sa collection embryologique, résultat de 27 années d'efforts incessants. Elle consiste en plus d'un millier d'échantillons humains, dont un certain nombre ont été préparés en séries de sections. Cette collection est presque unique en étendue et en importance, mais on travaille à l'accroître encore.

En Embryologie générale, le Département est en train d'établir une norme de la forme extérieure des embryons de moins de 25 mm. de longueur, ainsi qu'une division de cette période en stades; par des mesures physico-anthropologiques, on cherche à étendre ce travail aux fœtus plus âgés. On apportera ainsi une plus grande précision à la détermination de l'âge des embryons, et l'explication des variations anatomiques et des caractéristiques de l'anatomie raciale en sera facilitée.

Parmi ses autres recherches, le Département accorde une grande importance aux aspects pathologiques de l'embryologie et à leur influence sur la fertilisation, la durée de la grossesse, et les causes de l'avortement et de la stérilité.

Fig. 3. — *Bâtiment principal du Laboratoire du Désert, à Tucson.*

V. — Département de Biologie marine[1]

Ce Département, dont l'origine remonte à 1903, possède un Laboratoire principal installé à Loggerhead Key, l'une des îles Tortugas, sur la côte de la Floride (fig. 4). C'est l'une des stations maritimes tropicales les mieux équipées du monde; outre deux grands bâtiments, cette station comporte un aquarium, un dock, une station de pompes et un atelier de machines; son bateau principal est l'*Anton Dohrn*, yacht de 21 mètres de longueur, mais elle dispose encore de 3 chaloupes. Le Département a fait également édifier des Laboratoires temporaires à Nassau et à l'île Andros (Bahamas), à la Jamaïque et sur l'île Murray, dans le détroit de Torrès (Australie).

Le but de ce Département est la poursuite

1. *Directeur* : M. F. P. Mall; *Adresse* : Johns Hopkins Medical School, Baltimore, Maryland.

1. *Directeur* : M. A. G. Mayer; *Adresse* : Princeton, New Jersey.

d'études intensives sur les problèmes de l'océan tropical, en particulier ceux de physiologie, d'œcologie, d'hérédité, de variation, et ceux qui se trouvent à la limite entre la Biologie et la Pathologie, sans négliger pourtant les travaux de Zoologie systématique. Le désir du Département est d'offrir aux chercheurs qualifiés des occasions exceptionnelles de poursuivre les recherches pour lesquelles les tropiques présentent des avantages particuliers, et, en fait, pendant les 10 dernières années, la plus grande partie des travaux biologiques sur la région des Indes occidentales ont été faits sous les auspices ou avec la coopération du Département de Biologie marine.

Fig. 4. — *Le Laboratoire de Biologie de Tortugas.*

VI. — Laboratorie de la Nutrition [1]

Les recherches sur la nutrition auxquelles ce Laboratoire est consacré ont été inaugurées par le regretté Professeur W. O. Atwater, qui, de 1903 à 1907, à l'aide des subventions de l'Institution Carnegie, construisit avec son collègue le Professeur Benedict un calorimètre respiratoire et l'expérimenta avec succès.

L'ouverture du Laboratoire même remonte à 1908. Il est équipé de tous les appareils nécessaires aux observations sur le métabolisme et les phénomènes connexes (fig. 7). On y trouve entre autres 4 calorimètres respiratoires, dont un spécialement construit pour l'étude de l'influence du travail musculaire; d'autres appareils pour l'étude des échanges respiratoires; des appareils pour enregistrer l'activité musculaire, la respiration et le pouls; deux ergomètres-bicyclettes et deux moulins pour l'étud du travail musculaire: un calorimètre à bombe adiabatique; une installation complète pour l'analyse chimique des aliments et des excreta.

Fig. 5. — *Le monde des oiseaux dans les îles Tortugas.*

Les recherches des sept dernières années ont porté sur le métabolisme des individus normaux (hommes et femmes), des enfants et des diabétiques; sur l'influence de divers facteurs sur le métabolisme; on a comparé les diverses méthodes de calorimétrie directe et indirecte et de

1. *Directeur* : M. F. G. Benedict; *Adresse* : Nutrition Laboratory, Boston, Massachusetts.

détermination des échanges respiratoires. On a déterminé les chaleurs de combustion d'un grand nombre de composés organiques et fait l'analyse des aliments recommandés pour les diabétiques.

Enfin, le Laboratoire a fait traduire en anglais une littérature considérable, russe, scandinave et tchèque, portant sur l'objet de ses recherches, et l'a rendue ainsi beaucoup plus accessible aux savants.

VII. — Département du Magnétisme terrestre [1]

En 1902, M. L. Bauer soumettait à l'Institution Carnegie un plan pour l'étude magnétique générale de la Terre. Les travaux étaient commencés en 1904, et l'année suivante une brigantine, le *Galilée*, était aménagée pour les observations magnétiques sur l'océan Pacifique, qu'elle poursuivit jusqu'en 1908. Le succès de cette tentative conduisit au projet d'un navire non magnétique, qui reçut le nom de *Carnegie* et fut lancé le 12 juin 1909.

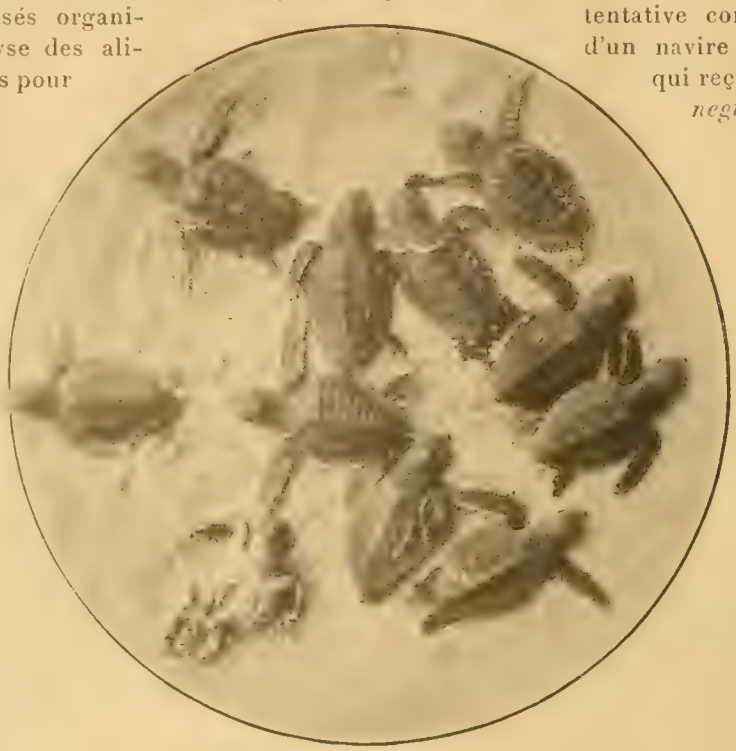


Fig. 6. — *Petites tortues âgées d'un jour, sur le sable des îles Tortugas.*

Ce navire (fig. 8 et 9), d'environ 50 mètres de longueur et 568 tonnes de déplacement, est construit entièrement en bois et en métaux non magnétiques; il est à voiles, mais pourvu d'un moteur auxiliaire à combustion interne, alimenté par du gaz de gazogène. Son absence de magnétisme lui permet d'effectuer en mer des observations magnétiques presque aussi facilement qu'à terre.

Au 1er janvier 1915, les trois quarts environ de l'étude magnétique générale du globe, comprenant la détermination des trois éléments magnétiques et de leur variation, tant sur mer

Fig. 7. — *Intérieur du Laboratoire de la Nutrition, montrant les calorimètres et les appareils accessoires.*

1. *Directeur* : L. A. Bauer; *Adresse* : 36 th Street and Broad Branch Road, Washington, D. C.

(275.000 kilomètres de croisières) que sur terre (plus de 3.000 stations), étaient accomplis.

Le Département a entrepris également des recherches sur l'électricité atmosphérique, et, à son laboratoire de Washington, des travaux

Fig. 8. — *Le navire non magnétique* Carnegie.

généraux sur le magnétisme. Ceux-ci se poursuivent encore dans un observatoire magnétique érigé en 1914 près du Parc national de Rock Creek, loin des influences perturbatrices des grandes agglomérations.

VIII. — Laboratoire de Géophysique[1].

En 1904, l'Institution Carnegie faisait entreprendre sous ses auspices des recherches sur les modes de formation et les propriétés physiques des roches de la croûte terrestre, par l'octroi de subventions à des savants travaillant dans les laboratoires du Service géologique des États-Unis. L'année suivante, elle décidait de créer un Laboratoire spécial pour la continuation de ces travaux.

Celui-ci, qui a été inauguré en 1907, contient les installations les plus perfectionnées (fig. 10). Il est spécialement bien pourvu d'appareils pour les travaux de Minéralogie chimique, physique et optique, et d'appareils pour l'étude des substances soumises à de très hautes températures et pressions, comme celles qui ont agi dans la formation des roches et des minéraux de la croûte terrestre.

Le Laboratoire de Géophysique a déjà publié plus de 200 mémoires sur des questions diverses.

IX. — Département d'Astronomie méridienne[1]

Cette branche a été créée sur l'initiative de M. Lewis Boss dans le but d'obtenir des mesures exactes des positions des étoiles visibles dans l'hémisphère sud, pour former, avec des mesures correspondantes faites dans les observatoires de l'hémisphère nord, un catalogue de précision de toutes les étoiles de la sphère céleste jusqu'à la 7e grandeur inclusivement.

Un observatoire fut établi en 1908-1909 dans la région de San Luis, sur le plateau oriental des Andes, à environ 800 mètres de hauteur, et des observations y furent poursuivies jusqu'en janvier 1911. Puis le matériel fut ramené à l'Observatoire Dudley, à Albany, où des observations ont été commencées sur les étoiles de l'hémisphère septentrional. Les premiers résultats acquis ont paru en 1910 sous forme d'un « Catalogue général préliminaire de 6.188 étoiles pour l'époque 1900 », qui a servi de base pour plusieurs études de mouvements stellaires.

X. — Observatoire solaire du mont Wilson[2]

Cet établissement remarquable, qui comprend un observatoire proprement dit avec télescopes et laboratoire sur le mont Wilson (fig. 11) et des

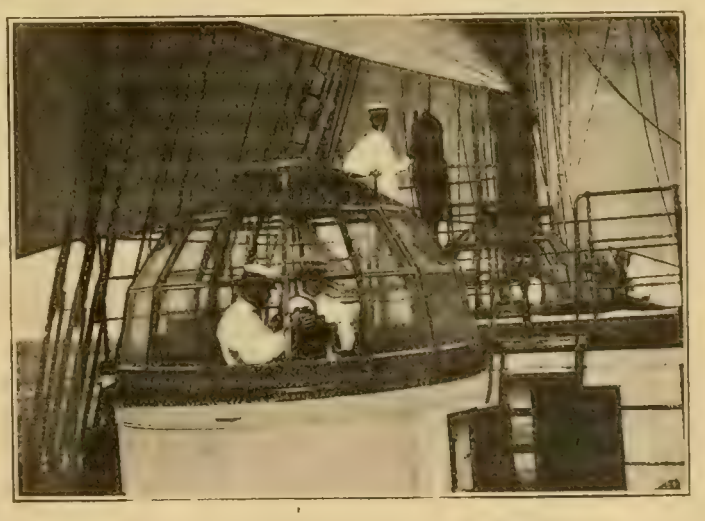


Fig. 9. — *Observations à bord du* Carnegie.

bureaux, ateliers et un laboratoire de physique à Pasadena (Californie), au pied de la montagne,

1. *Directeur* : M. A. L. Day; *Adresse* : Geophysical Laboratory, Upton Street, Washington, D. C.

1. *Directeur* : M. Benj. Boss; *Adresse* : Dudley Observatory, Albany, N. Y.

2. *Directeur* : M. G. E. Hale; *Adresse* : Solar Observatory, Pasadena, California.

a déjà été ici même l'objet d'une description détaillée[1], qui nous dispense d'y revenir longuement.

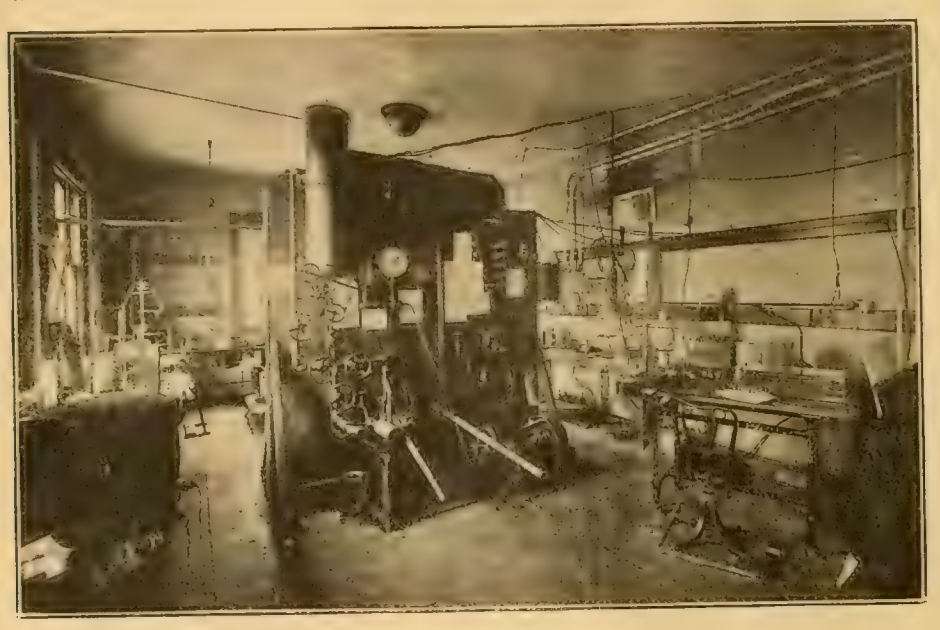


Fig. 10. — *Equipement pour l'étude des hautes pressions et températures au Laboratoire de Géophysique.*

XI. — Département d'Economique et Sociologie[2]

Ce département s'occupe de la préparation de contributions à l'histoire économique américaine. Il comprend les divisions suivantes : population et immigration, agriculture et sylviculture, mines, fabriques, transports, commerce intérieur et extérieur, monnaies et banques, mouvement du travail, organisation industrielle, législation sociale, finances fédérales et des États, question nègre. Un certain nombre de professeurs et d'étudiants en économie politique et en histoire des universités américaines collaborent aux recherches du Département. Celui-ci a également entrepris l'établissement et la publication d'un index de tous les matériaux économiques qu'on trouve dans les documents publics des États de la République américaine.

XII. — Département des Recherches historiques[3]

Ce Département a principalement pour but la préparation de publications destinées à aider les personnes qui font des recherches sur l'histoire américaine. Il a fait paraître des rapports et des guides sur des documents historiques jusqu'à présent non classés et à peu près inaccessibles. Outre les sources utilisables aux États-Unis, celles qui se trouvent dans les archives d'une douzaine de pays européens ou nord-américains ont été également explorées et cataloguées.

Le Département prépare également des volumes de documents importants pour l'histoire américaine : débats parlementaires, lettres de délégués aux congrès continentaux, traités européens ayant de l'importance pour les États-Unis, atlas de géographie historique du pays.

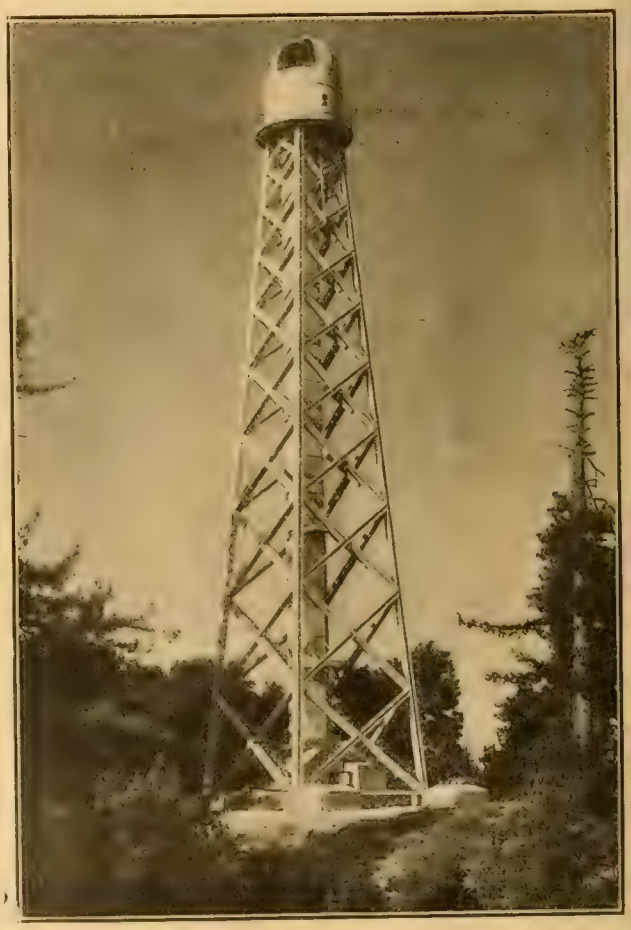


Fig. 11. — *La tour du télescope de 150 pieds sur le mont Wilson.*

1. J. Bosler : Les récents progrès des méthodes astrophysiques aux Etats-Unis. *Rev. gén. des Sc.* du 15 février 1911, t. XXII, p. 111 et suiv.

2. *Directeur :* M. H. W. Farnam ; *Adresse :* 43, Hillhouse Avenue, New Haven, Connecticut.

3. *Directeur :* M. J. F. Jameson ; *Adresse :* Woodward Building, Washington, D. C

XIII. — DIVISION DES CHERCHEURS ASSOCIÉS

Les relations des chercheurs associés avec l'Institution Carnegie sont très variées et complexes. Quelques-uns sont attachés directement aux départements de recherche; d'autres travaillent indépendamment, à l'aide de subsides accordés annuellement, ou pour un nombre d'années déterminé; d'autres encore sont en relation seulement avec la Division des publications pour l'édition de leurs œuvres.

Presque tous les champs de recherche, depuis l'Archéologie et l'Astronomie jusqu'à la Thermodynamique et la Zoologie, ont été abordés par un ou plusieurs savants et dans des pays très variés. Signalons : en Chimie, les nombreux mémoires de Jones, Morse, Noyes, Richards; en Mathématiques, la publication des travaux de Mécanique céleste de G. W. Hill et des Tables de facteurs et de nombres premiers de D. N. Lehmer; en Droit, l'édition de plusieurs volumes d'une série de « Classiques du Droit international »; en Littérature, l'édition des « Romans d'Arthur » en vieux français du xve siècle; en Linguistique, les quatre volumes de recherches de W. Churchill sur les langues de la Polynésie; en Météorologie, la publication du « Traité de Météorologie dynamique et d'Hydrographie » de Bjerknes, etc... ; enfin l'établissement d'une bibliographie complète des Sciences médicales publiée depuis 13 ans dans l'*Index medicus*.

Ces brèves indications suffiront à donner une idée du développement actuel de l'Institution Carnegie, des moyens d'investigation qu'elle met à la disposition des chercheurs et des services qu'elle est appelée à rendre à la cause du progrès de la Science.

LE NAUTILE SOUS-MARIN DES FRÈRES COESSIN

L'article d'actualité que nous publions ci-après est bien du grand Carnot, de *l'organisateur de la Victoire*. C'est un rapport lu à l'Académie des Sciences le 1er avril 1811, au nom d'une Commission qui comprenait Monge, Biot, Sané et Carnot, rapporteur. Il nous a semblé qu'il y avait un intérêt historique à exhumer ce travail, d'autant qu'il contredit cette affirmation de M. Laubeuf, Ingénieur en chef de la Marine, dans son livre *Sous-Marins et submersibles* (p. 11) : « Après Fulton, il y eut de nombreux inventeurs qui *se sont bornés à faire des projets* : Hodgman, les frères Coessin... » D'ailleurs les rapprochements curieux que ce rapport signale lui donnent une importance propre. Le texte est emprunté aux *Procès-Verbaux des Séances de l'Académie des Sciences*, récemment publiés par les secrétaires perpétuels (tome IV, p. 468-470) : que ce nous soit une occasion de signaler cette collection qui constitue une mine extrêmement riche en renseignements sur l'Histoire des Sciences sous la Révolution et l'Empire[1].

A. Boulanger,
Professeur de Mécanique au Conservatoire National des Arts et Métiers.

« Le désir de séjourner à volonté sous les eaux n'est pas une chose plus nouvelle que celui de planer dans les airs. Les efforts qu'on a faits pour y parvenir sont de tous les temps; mais ce n'est que de nos jours qu'on a obtenu enfin quelque succès dans l'une et l'autre de ces deux espèces de navigations.

Quoique le problème de la navigation sous-marine paraisse présenter moins de difficultés que celui de la navigation aérienne, c'est cependant celui-ci qui a été résolu le premier; car il y a déjà 28 ans que feu notre confrère Montgolfier conçut, et que s'exécuta, au grand étonnement de l'Europe, le hardi projet de s'élever au-dessus des nuages; mais si les Anciens sont parvenus à quelques résultats intéressants dans l'art de naviguer sous les eaux, il ne paraît pas qu'on leur ait donné aucune suite et l'on peut regarder cette découverte comme toute récente.

Cependant, si la destination des aérostats est plus brillante, si elle frappe d'une plus grande surprise, celle des vaisseaux sous-marins fait peut-être concevoir l'espérance d'une utilité plus réelle. La découverte de ceux-ci ne consiste pas, comme celle des premiers, dans un trait de lumière qu'on est étonné de n'avoir pas saisi plus

1. Peut-être, au même point de vue, la curiosité sera-t-elle piquée par la lecture d'une phrase prophétique prononcée par John Perry au Congrès de l'Association Britannique tenu à Leeds, le 6 septembre 1890. L'auteur avait pris pour sujet : *Les Toupies (Spining Top)*; après avoir incidemment expliqué la formation des anneaux-tourbillons de W. Thomson, il dit : « On obtient ainsi un anneau de fumée qui e meut sans changement sur un long parcours, presque comme un corps solide, et je ne suis pas sûr qu'il ne serait pas possible d'*envoyer*, comme un projectile, *un immense anneau de fumée empoisonnée qui détruirait ou stupéfierait une armée à plusieurs kilomètres de distance.* » Ce procédé, d'origine anglaise, est certainement élégant.

tôt, tel que celui de s'élever par la différence des pesanteurs spécifiques de deux substances aériformes. Le mérite de l'invention des vaisseaux sous-marins s'annonce plus modestement et semble consister dans une série de petites difficultés vaincues. Mais il faut beaucoup de prévoyance pour que rien n'échappe dans un si grand nombre de détails, lorsque l'oubli d'un seul suffit pour faire tout échouer. Il faut de l'habileté pour mettre dans ces détails l'ensemble qu'ils exigent.

Enfin, une chose qui nous paraît digne de remarque, c'est que la navigation aérienne et la navigation sous-marine ont cela de commun qu'elles tirent l'une et l'autre une partie des moyens qu'elles emploient de la Chimie, cette mine féconde de science, dont les vrais principes ont été si longtemps méconnus, et qui maintenant fournit chaque jour aux arts et à l'agriculture les secours les plus heureux et les plus inespérés.

L'envie de tirer du fond de la mer les richesses et les curiosités qui lui sont propres, comme les coraux, les perles, les coquillages, les effets naufragés, a créé l'art, ou plutôt l'exercice du plongeur. Cet exercice est surtout pratiqué dans les Indes, aux Antilles et dans la mer Egée. Il y a des plongeurs qui vont jusqu'à douze brasses, et l'histoire dit que, sous le règne d'Artaxercès Memnon, Scyllas, Macédonien, se rendit célèbre en faisant sous les eaux un trajet de 8 stades pour porter aux Grecs la nouvelle du naufrage de leurs vaisseaux ; mais il est permis de douter de ce fait rapporté par Hérodote.

On prétend que ce qui incommode le plus les plongeurs qui peuvent descendre à dix ou douze brasses est le froid de l'eau ; mais le danger le plus grand pour eux est celui de l'excessive compression qu'ils éprouvent, qui arrête la circulation de leur sang, le leur fait rendre par les yeux et les ferait promptement périr s'ils ne se hâtaient de revenir à la surface. Quant à la difficulté qu'ils ont de respirer, il y a longtemps, comme on le voit dans la première édition de l'*Encyclopédie*, qu'on a imaginé d'y suppléer par des tuyaux flexibles communiquant de leur bouche à la surface du fluide, soit directement, soit avec l'intermédiaire de soufflets. Mais ces moyens ne sont efficaces qu'à de petites profondeurs.

Ces inconvénients majeurs ont fait imaginer la cloche du plongeur. Par ce moyen, on peut demeurer sous l'eau plus ou moins de temps, suivant que la cloche est plus ou moins grande. L'expérience apprend que si la cavité peut contenir un tonneau d'eau, un homme seul peut y rester une heure entière à une profondeur de cinq ou six brasses sans aucun danger.

M. Halley imagina un moyen pour renouveler l'air de la cloche et perfectionna l'appareil de manière que cette cloche contenait cinq personnes, lesquelles pouvaient rester sans danger une heure et demie à dix brasses de profondeur. Elles pouvaient même sortir de dessous la cloche et s'en éloigner à l'aide de quelques tuyaux qui les maintenaient en communication avec l'air contenu sous cette cloche.

Corneille Drébel, qui s'est rendu si fameux par ses inventions en optique, poussa l'art de naviguer sous les eaux beaucoup plus loin. Il imagina, dit Boyle, un vaisseau propre à être conduit à rames sous l'eau et le fit exécuter pour le roi Jacques. Il contenait douze rameurs sans les passagers, et ce qu'il y a de plus singulier, c'est qu'ils avaient une liqueur qui suppléait à l'air frais et qui avait été découverte par le gendre de Drébel.

Peut-être ces récits sont-ils exagérés, mais la possibilité de demeurer sous l'eau plusieurs heures, d'y gouverner le vaisseau dans lequel on est enfermé et de s'y diriger, soit en haut, soit en bas, soit en avant, est certaine. M. Fulton y était parvenu, il en a fait l'expérience authentique à Paris, et en mer sur les côtes de Normandie.

MM. Coessin frères l'ont fait au Hâvre beaucoup plus en grand et par des moyens différents de ceux de M. Fulton ; c'est la machine qu'ils ont inventée pour cela et qu'ils ont appelée nautile sous-marin, qui fut soumise par eux, le 22 janvier 1810, au jugement de la classe qui l'a renvoyée à l'examen de MM. Monge, Biot, Sané et moi.

Le nautile sous-marin de MM. Coessin est un espèce de grand tonneau qui a la forme d'un ellipsoïde très allongé. C'est dans cet ellipsoïde que s'enferment les navigateurs ; ce nautile avait 27 pieds de longueur et renfermait 9 personnes ; pour le maintenir dans sa position sans qu'il puisse tourner, on le charge d'un lest.

Ce nautile est partagé en trois parties séparées l'une de l'autre par de doubles fonds. La partie du milieu est seule occupée par les navigateurs ; celles de l'avant et de l'arrière se remplissent à volonté d'air ou d'eau par les manœuvres de ces mêmes navigateurs, suivant le poids qu'ils veulent donner au nautile, afin qu'il puisse flotter à la surface du fluide et s'y enfoncer si l'on veut.

Pour imprimer au vaisseau un mouvement progressif, on emploie deux rangs de rames à porte que font encore mouvoir ceux qui sont dans l'intérieur ; les rames passent au travers des flancs du nautile, mais les ouvertures sont masquées par des poches de cuir qui empêchent absolument l'eau de pénétrer ; et si l'une d'elles venait par hasard à se crever, la rame est taillée de manière

à faire elle-même aussitôt l'effet d'un tampon en la tirant seulement un peu à soi. Dans le nautile de MM. Coessin, il n'y avait que quatre rameurs, et il faisait une demi-lieue par heure, mais il est aisé de multiplier le nombre de ces rameurs.

Pour diriger la machine et la faire virer de bord, on emploie un gouvernail, placé à la poupe comme dans les vaisseaux ordinaires et qui se manœuvre du dedans par une corde. De plus les navigateurs s'orientent à l'aide d'une boussole.

Pour monter et descendre, ils emploient quatre ailes ou espèces de nageoires attachées deux à droite et deux à gauche du nautile, et qu'un seul homme fait mouvoir par des tringles. On les incline de l'avant à l'arrière ou de l'arrière à l'avant, suivant qu'on veut ou monter ou descendre; parce qu'alors la résistance de l'eau occasionnée par le mouvement progressif agit sur ces plans inclinés, conformément au but qu'on se propose.

Enfin on se procure du jour au moyen d'une ou plusieurs glaces très épaisses ; mais comme l'obscurité devient très grande à une certaine profondeur, les auteurs proposent de recueillir ce qui reste de rayons par de fortes loupes qui pourront au moins leur faire distinguer ce qui se trouve près d'eux.

Mais il reste à vaincre la plus grande difficulté, celle de se procurer les moyens de respirer. MM. Coessin ont adopté pour cela l'idée reçue depuis longtemps d'établir une communication de l'intérieur du vaisseau à la surface du fluide, au moyen de tuyaux flexibles soutenus à la partie d'en haut par des flotteurs et tenus constamment par des ressorts à boudin ; mais, comme il faut une force considérable pour expulser par ces tuyaux l'air vicié du dedans, MM. Coessin ont employé pour cela dans leurs expériences le ventilateur de Halles. Cependant ils ont reconnu que ce moyen devient insuffisant lorsqu'on descend à plus de 7 mètres ; aussi proposent-ils pour le perfectionnement de leur machine la suppression entière des tuyaux et d'y suppléer en pratiquant des ouvertures ou petites écoutilles dans les douves supérieures du vaisseau. Par le moyen de ces ouvertures, en venant de temps en temps à la surface de l'eau, on renouvelle l'air du nautile par une circulation qui s'établit alors facilement soit par le ventilateur, soit, lorsque cela sera praticable, par des lampes qui, placées à quelques-unes de ces ouvertures et correspondant jusqu'au fond du vaisseau par des tuyaux qui font l'effet de petites cheminées, en extraient l'air vicié, comme les réchauds placés en haut de l'ouverture d'une mine font circuler rapidement l'air jusqu'à sa plus grande profondeur.

Au surplus il faut remarquer qu'il n'est pas nécessaire que ce renouvellement d'air dans le nautile soit fréquent, car dans les nombreuses expériences faites au Hâvre, les navigateurs sont restés plus d'une heure de suite sans aucune communication avec l'air extérieur et sans éprouver aucun malaise.

Mais c'est ici que la chimie vient efficacement au secours de la mécanique, car, à défaut de tous les autres moyens, les navigateurs pourvoient au besoin impérieux de respirer par une ample provision d'oxygène comprimé qu'ils tiennent en réserve et dont ils font usage avec l'économie que leur commande l'intérêt de leur propre conservation.

Tous les expédients que nous venons de mentionner et beaucoup d'autres moyens de détail dans lesquels nous ne pouvons entrer, composent par leur ensemble la machine de MM. Coessin. Ces moyens sont sans doute ceux qui s'offrent à l'esprit de toutes les personnes qui s'occupent du même objet ; mais dans ce genre il y a loin d'une conception vague à l'exécution. De tout temps on a dû avoir de ces idées simples et cependant toutes les tentatives faites jusqu'à ces derniers temps ont été infructueuses. MM. Coessin répondent à tout en produisant le procès-verbal qui constate le succès de leurs expériences. Ces expériences ont été faites sous l'autorisation de S. Ex. le Ministre de la Marine et constatées par MM. Montagnès-La-Roque, Capitaine de vaisseau, commandant le port du Hâvre, et Grehan, Ingénieur constructeur en chef de la Marine. Ces personnes éclairées non seulement rendent un témoignage avantageux au nautile de MM. Coessin, mais ils annoncent qu'ils le regardent comme susceptible de plusieurs perfectionnements qu'ils indiquent, et ils pensent qu'on pourrait faire des vaisseaux de ce genre beaucoup plus grands. Parmi les coopérateurs des expériences faites au Hâvre, sont M. Colin, actuellement préparateur de chimie à l'École Polytechnique, M. Muller, aide de camp du général d'Hospel, et M. Ransonnet, commandant le brick d'*Alcyon* qui a été à la Nouvelle-Hollande avec le capitaine Baudin, et qui servait de pilote dans le nautile.

Ce nautile est différent de celui de M. Fulton en ce que celui de M. Fulton était en cuivre et que celui-ci est en bois, ce qui le rend plus facile à construire, moins cher et susceptible d'une capacité aussi grande qu'on le veut, tandis que celui de M. Fulton est nécessairement petit et peut contenir au plus deux personnes.

Nous pensons qu'il faut distinguer de pareilles inventions, dans lesquelles l'expérience a prouvé que les plus grandes difficultés ont été prévues, de celles qui ne sont le plus souvent que des projets informes et dont l'épreuve pourrait être périlleuse. *Il n'y a plus maintenant de doute qu'on puisse établir une navigation sous-marine très expéditivement, et à peu de frais*, et nous croyons que MM. Coessin ont établi ce fait par des expériences certaines. »

Lazare Carnot.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lecornu (Léon), *Membre de l'Institut, Inspecteur général des Mines.* — **Cours de Mécanique**, *professé à l'Ecole Polytechnique. Tome II. — 1 vol. in-8° de VI-538 p. avec 110 fig. (Prix : 18 fr.). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris, 1915.*

Les observations que j'ai présentées ici, en rendant compte du Tome I de cet ouvrage[1], me dispenseront d'entrer dans de nombreux détails. Je ne pourrais que me répéter en constatant les qualités d'ordre et de méthode, le souci de la rigueur et de la clarté qui inspirent l'éminent professeur qu'est M. Lecornu.

Il me semble donc préférable, dans l'intérêt du lecteur, et au risque d'encourir le reproche de sécheresse, d'indiquer ici, par l'énumération des principales divisions du volume, les sujets principaux qui s'y trouvent traités.

On pourrait presque donner le titre de *Dynamique* à cette deuxième partie du cours de M. Lecornu. Les Livres dont elle se compose sont intitulés :

Livre V. — Dynamique générale.
Livre VI. — Dynamique des solides invariables.
Livre VII. — Dynamique des solides naturels.
Livre VIII. — Élasticité.
Livre IX. — Mécanique des fluides.

Le Livre V se divise en six Chapitres :

I. — Principes généraux (Théorèmes généraux, Equations générales).
II. — Energie des systèmes.
III. — Systèmes à liaisons (Généralités, Equations des mouvements).
IV. — Théorie des percussions.
V. — Equations de Lagrange.
VI. — Théorie des petits mouvements.

Le Livre VI se divise en sept Chapitres :

I. — Moments d'inertie.
II. — Rotation autour d'un axe fixe.
III. — Mouvement parallèlement à un plan fixe.
IV. — Mouvement autour d'un point fixe (Théorie générale. Cas où les forces appliquées ont un moment résultant constamment nul. Mouvement d'un solide de révolution pesant. Théorie de l'effet gyroscopique. Pendule sphérique composé. Effet d'une percussion).
V. — Mouvement d'un solide homogène sur un plan horizontal parfaitement poli.
VI. — Mouvement d'un solide entièrement libre.
VII. — Extension du mouvement d'un système déformable.

Le Livre VII se divise en deux Chapitres :

I. — Frottement, Roulement, Pivotement.
II. — Choc des corps solides.

Le Livre VIII se divise en sept Chapitres :

I. — Etude géométrique de la déformation d'un système continu.
II. — Tensions intérieures.
III. — Relations entre les déformations et les tensions d'un corps solide.
IV. — Equilibre d'élasticité.
V. — Applications.
VI. — Problème de Saint-Venant.
VIII. — Mouvement des corps élastiques.

Enfin, le Livre IX se divise en six Chapitres :

I. — Hydrostatique.
II. — Equations de Lagrange et d'Euler.
III. — Equations de Helmholtz.
IV. — Mouvement permanent.
V. — Résistance au mouvement d'un solide.
VI. — Dynamique des fluides naturels.

Cette énumération suffit à montrer qu'on se trouve en présence d'une magistrale exposition de la Dynamique classique. L'auteur ne s'est pas borné cependant à reproduire des théories souvent exposées déjà. Il a fait une place importante à des travaux relativement récents, n'a pas craint d'emprunter à des mémoires contemporains — de MM. Poincaré, Hadamard, Painlevé, notamment — sans parler de sa contribution personnelle.

Un avertissement de quatre lignes, figurant en tête de ce Tome II, est ainsi conçu :

« Ce volume est, comme le premier, consacré à la Mécanique rationnelle et à ses applications immédiates. L'exposé des méthodes adpatées à l'Art de l'ingénieur est réservé pour le troisième volume. »

Nous avons l'espoir que la publication de cette dernière partie de l'ouvrage ne se fera pas trop longtemps attendre. Et nous sommes certain à l'avance qu'on y trouvera la marque d'originalité définitive d'une exposition qui semble avoir été faite déjà bien des fois, mais à laquelle des esprits d'élite savent apporter sans cesse des perfectionnements nouveaux, mettant à profit leur science acquise et leur pratique consciencieuse de l'enseignement.

C. A. Laisant,
Ancien Examinateur d'admission
à l'Ecole Polytechnique.

Hale (George Ellery), *Directeur de l'Observatoire du mont Wilson.* — **Ten years'work of a Mountain Observatory.** (Dix ans de travail dans un Observatoire de Montagne.) — *1 broch. in-12 de 130 p. avec 65 fig. (Prix : 50 cents). Published by the Carnegie Institution of Washington, Washington (D. C.), 1915.*

C'est de l'Observatoire du mont Wilson, en Californie, qu'il s'agit et ce petit livre vient tristement nous rappeler combien de grandes choses peuvent faire les peuples dégagés de tous les soucis, de toutes les angoisses qui pèsent sur la vieille Europe.

L'Etablissement fondé par M. Hale, grâce aux libéralités de M. Carnegie, est peu à peu devenu, sous cette double impulsion, le mieux outillé peut-être du monde entier. Tout y est conçu, non pas en vue de l'ancienne astronomie de position, œuvre de patience, d'administration et de mathématiques, mais bien de la nouvelle astrophysique qui veut saisir sur le vif cette Evolution des Mondes que nous observons seulement — à la manière de celle des êtres vivants — dans l'espace et non dans le temps. Un pareil but exige de vastes ressources et les astronomes américains les ont demandées à leurs protecteurs habituels, dont la générosité est vraiment inépuisable. Les premiers de ces appareils ont d'abord été consacrés au Soleil : tel le Snow Telescope ou lunette horizontale à cœlostat, reliée à un spectroscope ou à un spectrohéliographe. Puis vint la Tour télescopique de 60 pieds, instrument analogue, mais vertical, qui fut bientôt remplacé par un plus grand : la Tour de 150 pieds. Enfin les fondateurs ont voulu s'attaquer non plus au Soleil seul, mais à tout l'ensemble du ciel étoilé. Le Télescope de 60 pouces de diamètre (1 m. 50) fut alors construit et c'est aujourd'hui le plus puissant appareil qui soit en service. Un plus gigantesque encore lui succédera : il aura 2 m. 50 de diamètre et sera achevé dans quelques mois.

L'auteur, après nous avoir décrit ce superbe matériel, nous résume — avec photographies — les principaux résultats qu'il a permis d'atteindre. On sait que des champs magnétiques ont été découverts dans les taches

1. *Revue gén. des Sciences* du 30 mai 1915, p. 318.

solaires; le champ magnétique général du Soleil, analogue à celui de la Terre, est encore l'objet de recherches — et aussi de discussions. C'est en partie grâce au « 60 pouces » que l'astronome hollandais Kapteyn, hôte familier du mont Wilson, a su démêler dans l'Univers deux vastes courants d'étoiles ; c'est cet instrument qui a fourni tant de beaux clichés de ces nébuleuses spirales dont l'importance s'affirme toujours davantage. C'est encore lui qui permit d'aborder l'observation photométrique et spectroscopique des étoiles faibles, question liée à celle de l'absorption de la lumière à travers l'espace cosmique. La notion d'éclat intrinsèque absolu des étoiles, notion fondée sur les détails de leurs spectres, relève des mêmes méthodes et elle permettra d'arriver à une détermination indépendante des parallaxes stellaires.

Toutes ces recherches, aidées par un ciel d'une rare pureté, sont poursuivies au mont Wilson avec le souci, justifié par l'expérience, de mener de pair les travaux de laboratoire et l'observation astronomique, sans négliger les études statistiques. On cherche ainsi sans cesse à reproduire au laboratoire les aspects divers des phénomènes célestes. L'idée n'est d'ailleurs pas neuve; tous les établissements similaires d'Europe l'appliquent plus ou moins : notre Observatoire de Meudon en est un exemple et des résultats analogues à ceux trouvés en Californie ont, disons-le, souvent pu y être obtenus avec des moyens manifestement plus faibles.

Nous ne sommes donc pas aussi favorisés que nos confrères d'outre-mer. Espérons qu'après la guerre, lors de la renaissance qui suivra, l'Astronomie française aura sa part de l'attention générale. Les livres comme celui-ci sont bien faits pour montrer à une nation idéaliste comme la nôtre toute la gloire qui s'offrirait à elle si elle voulait faire quelques concessions à ce goût du colossal que les Américains partagent avec nos ennemis — et qu'ils appliquent si différemment.

Jean Bosler,
Astronome à l'Observatoire de Meudon.

2° Sciences physiques

The British Coal-Tar Industry, its origin, development and decline, *edited by* Walter M. Gardner, *Principal du Collège technique de Bradford — 1 vol. in-8° de 437 p. (Prix cart. : 10 sh. 6 d.) Williams and Norgate, 14, Henrietta Street, Covent Garden, Londres,* 1915.

L'industrie du goudron de houille en Angleterre, son origine, son développement et sa décadence, tel est le titre de l'ouvrage de W. M. Gardner. Il traite en réalité de celle des *matières colorantes dérivées du goudron de houille.* On sait que l'Angleterre fut le berceau de cette industrie : la première des couleurs d'aniline, *la mauvéine*, y vit le jour en 1858 et cette découverte illustra le nom de W. H. Perkin.

L'ouvrage de W. M. Gardner est un recueil de conférences, de leçons et d'articles parus dans des périodiques anglais, et dus à des chimistes, à des savants de haute valeur, comme les deux Perkin, Roscoe, Meldola, Green, Frankland, Gardner, etc...

La première partie se rapporte à la période qui s'étend de 1868 à 1914 et présente, à l'heure actuelle, un intérêt plutôt rétrospectif. C'est l'histoire abrégée des matières colorantes, des progrès de cette industrie et de son déclin qui se fait déjà sentir en Angleterre dans la période de 1870 à 1874, tandis qu'en Allemagne l'industrie similaire prend un développement extraordinaire et menaçant. On sent déjà les appréhensions sur l'avenir de cette industrie s'y manifester : on entend les cris d'alarme qui s'élèvent. Mais aussi n'a-t'on pas vu la France contrainte d'abandonner la culture de la garance et l'Angleterre ne va-t-elle pas être réduite à renoncer à l'indigo des Indes ?

Mais c'est surtout dans les articles qui remplissent le dernier quart du livre de W. M. Gardner, dont le premier en date est de novembre 1914 et le dernier de mars 1915, que la situation de l'industrie des matières colorantes artificielles est dépeinte dans sa cruelle réalité. La consommation annuelle de la Grande-Bretagne représente pour le moins 50 millions de francs : plus des 90 °/₀ des colorants est fourni par l'Allemagne.

Les six principales fabriques de matières colorantes d'Allemagne ont pris, de 1886 à 1900, 948 brevets en Angleterre : le chiffre correspondant pour les six fabriques anglaises les plus importantes n'est que de 86.

Les raisons de l'infériorité constatée et avouée sont les suivantes :

1° Législation défectueuse des brevets;

2° Entraves fiscales à l'emploi industriel de l'alcool pur;

3° Apathie et manque d'initiative des industriels;

4° Recherches de chimie trop négligées; défaut d'entente entre la science et l'industrie;

5° Supériorité de l'organisation commerciale allemande.

De grands efforts sont faits ou préparés pour remédier à ces causes d'infériorité. Il suffira de citer le projet de Société pour la fabrication des matières colorantes, au capital de 50 millions de francs, dont l'avance de la moitié serait consentie pour 35 ans par l'Etat. Pendant une période de dix années, il ferait en outre à la Société, pour les recherches expérimentales et les laboratoires, une donation ne pouvant pas excéder 2.500.000 francs.

Maurice Prud'homme.

3° Sciences naturelles

Hornaday (W. T.), *Directeur du Jardin Zoologique de New-York.* — **Wild life conservation in theory and practice** (Théorie et pratique de la Protection des Animaux sauvages). — *1 vol. in-8° de 240 p. avec 14 pl. (Prix relié : 7 fr. 50). Yale University Press, New-Haven (Etats-Unis),* 1914.

M. Hornaday, directeur du Jardin zoologique de New-York, était particulièrement désigné pour écrire cet ouvrage. Publié par les soins de l'Université d'Yale, il représente les conférences faites par l'auteur à cette Université. C'est le devoir des éducateurs et des professeurs de la jeunesse universitaire d'encourager et de stimuler la protection des animaux sauvages et de toutes les beautés naturelles. Il est bon de former une armée d'anatomistes et de morphologistes, mais il n'y a rien de plus important que de sauver les espèces que la zoologie étudie.

M. Hornaday trouve que les professeurs des Etats-Unis n'ont pas fait le centième de leur devoir envers les animaux sauvages ; pour s'en rendre compte, il n'y aurait qu'à demander aux étudiants ce qu'on leur a appris sur cette question. Il ne faut pas oublier que partout le développement industriel a changé les conditions d'existence des animaux. Il y a 40 ans, la question de la conservation des espèces sauvages ne se posait pas, tandis qu'aujourd'hui elle s'impose à l'attention des milliers de producteurs. Sans délaisser les recherches scientifiques spéculatives, dont l'utilité directe ne nous apparaît pas, il est nécessaire de développer les études de zoologie économique et appliquée, afin de faciliter l'élevage et l'acclimatation des espèces utiles et la lutte contre les ennemis de l'agriculture.

Aucune espèce de mammifères ou d'oiseaux ne peut résister aux massacres faits dans un but commercial, comme le montrent l'exemple du bison américain, dont des millions furent détruits pour leur langue, vendue 50 cents, et ceux de l'élan, du castor, du pélican brun, du canard du Labrador, etc.

Nous n'avons pas à récriminer sur la perte des grandes espèces qui ont disparu avant notre époque, mais nous devons regretter que, dans les temps récents, l'homme n'ait rien fait pour empêcher la disparition de nouvelles espèces.

De 1840 à 1914, les Etats-Unis ont perdu 11 espèces

vivant à l'état sauvage : 7 se retrouvent à l'état domestique et 3 ont définitivement disparu de la surface du globe ; ce sont : le grand pingouin, le pigeon migrateur et le perroquet de la Caroline. D'ailleurs on calcule qu'au point de vue du nombre des individus de gibier à plume et à poil, ceux qui vivent actuellement aux Etats-Unis représentent à peine les 2 °/₀ de ceux qui y vivaient il y a 50 ans. Les flamants ont disparu des Etats-Unis ; les aigrettes, les ibis, les spatules ne se trouvent plus que dans quelques colonies surveillées avec soin. M. Hornaday demande qu'on n'attende pas trop tard avant de protéger efficacement certaines espèces en voie de diminution : comme les colins de Virginie, les martinets, les hirondelles, les engoulevents, les merles migrateurs, les mangeurs de riz, les grouses et beaucoup d'oiseaux de rivage.

Dans un deuxième chapitre, M. Hornaday étudie le rôle et la valeur économique des oiseaux vivant aux Etats-Unis.

Il estime à 10 ou 20 °/₀ les portions de récoltes que détruisent les insectes, ce qui fait une perte annuelle qu'il évalue à 500 millions de dollars, surtout sensible pour les céréales, le coton et les fruits.

Les oiseaux spécialement utiles sont les petits chanteurs, les grimpereaux, les hirondelles, les martinets, les oiseaux de rivage et divers oiseaux de proie, surtout les nocturnes.

On sait que l'*United States Biological Survey* a fait examiner les estomacs de plus de 35.000 oiseaux, représentant un grand nombre d'espèces, et il ressort de ces études qu'aucune espèce n'est complètement inutile à l'homme. M. le Professeur Rörig, de Berlin, après l'examen de plus de 20.000 estomacs appartenant tous à des espèces européennes, est du même avis.

Le 3ᵉ chapitre traite de l'usage légitime du gibier, oiseaux et mammifères. Le gibier est utile pour l'alimentation ; et la chasse rend des services comme exercice de plein air ; mais l'homme ne doit pas se laisser aller à tirer par plaisir. Une réglementation rigoureuse est donc nécessaire, afin d'empêcher la chasse pendant la période de reproduction.

L'homme a le droit d'exploiter rationnellement et méthodiquement les richesses zoologiques que la Nature met à sa disposition, mais il ne faut pas que de ce fait l'existence de l'espèce soit menacée, car il faut un nombre suffisant de reproducteurs pour combler les vides annuels.

Il n'est pas douteux que si, dans les pays bientôt surpeuplés, on ne réfrène pas l'instinct de destruction irréfléchie et imprévoyante plus ou moins latent chez la plupart des hommes, si on n'impose pas des limites au sport de la chasse, les oiseaux et le gibier communs à la collectivité disparaîtront bientôt et fatalement et cesseront d'animer et d'égayer les bois et les vertes campagnes. Il est logique et nécessaire que l'intérêt général l'emporte sur quelques intérêts particuliers, dussent quelques habitudes abusives être contrariées ou supprimées par l'application plus rigoureuse des lois existantes, afin de maintenir certaines espèces en quantité normale dans l'intérêt de l'alimentation, de l'agriculture, de la sylviculture et de l'horticulture.

L'auteur parle ensuite des animaux nuisibles : ce sont les renards, les loups, les coyotes, les pumas, les ours noir et grizzly, les lynx, les loutres, les belettes, les moufettes, les ratons, les opossums, etc., dont la destruction amène une augmentation rapide du gibier. Les oiseaux qui sont plus nuisibles qu'utiles sont si rares, qu'ils ne méritent pas d'être détruits.

Le chapitre cinquième s'occupe des droits et des devoirs des citoyens dans la protection des oiseaux. Comme je l'ai déjà dit dans la *Revue française d'Ornithologie*, l'auteur est d'avis que le plus grand facteur des réformes, c'est l'éducation de la jeunesse : apprendre aux enfants la bonté, le respect de la vie, l'utilité des oiseaux. Il y a là tout un cycle d'enseignement à créer et à développer. Le peuple mieux éduqué pourra alors avoir des législateurs capables de faire de meilleures lois dans l'intérêt général. L'auteur constate avec tristesse qu'actuellement des millions d'Américains n'ont aucune opinion sur cette question pourtant si importante.

Il faut que l'initiative privée soit soutenue sinon dirigée par l'Administration. Aux Etats-Unis, le rôle de la Commission fédérale de la Chasse et de la Pêche est de renseigner le Pouvoir exécutif sur les modifications ou le renforcement nécessaires des lois, car c'est là la base de toute activité utile ; toute autre est secondaire et sera stérile.

L'ouvrage s'achève par un chapitre dû à la plume de F. C. Walcott sur les réserves particulières pour le gibier considérées comme facteurs de la protection des animaux sauvages.

Neuf Etats de la Confédération ont fait des efforts systématiques pour la multiplication et la protection des oiseaux et du gibier. Ce sont : Californie, Connecticut, Delaware, Iowa, Kentucky, Missouri, New-Jersey, New-York et Virginie occidentale. Ces Etats ont érigé en réserves nationales de vastes terres incultes ou marécageuses, des forêts, ainsi que des lacs. La Californie a 1.280.000 acres[1] d'eaux douces et 1.000 km. de côtes. L'ensemble de ces réserves représente 70 millions d'acres, soit 28 millions d'hectares.

C'est le faisan à collier qui réussit le mieux, puis le dindon sauvage, divers ortyx, la perdrix, la brante du Canada, les canards ordinaire, obscur, de la Caroline, les faisans doré et argenté, le lapin, l'élan et le cerf.

Des réserves particulières ont déjà été érigées en 1858 dans l'Illinois pour les cerfs, puis il y en eut dans le Hampshire. Dans l'Etat de New-York, il y a 800.000 acres dans les monts Adirondacks où la chasse est interdite et où l'on a introduit du gibier.

Ces réserves sont très nombreuses dans beaucoup d'Etats. Ce sont la plupart des grandes propriétés. Dans le New-Jersey, il y a 80.000 acres de réserves privées.

Les Sociétés Audubon ont établi de nombreux refuges gardés où tous les oiseaux peuvent se reproduire en paix. Des réserves spéciales sont consacrées aux aigrettes, à l'ibis, aux flamants, etc. La fédération de ces sociétés dispose d'un budget de 450.000 francs, dont seulement 6 °/₀ sont dépensés comme frais d'administration.

M. Hornaday est d'avis qu'il est encore parfaitement possible de sauver le reste des animaux sauvages de l'Amérique du Nord. Seulement on n'obtiendra pas ce résultat par des discussions académiques, ou des crises de sentimentalité, mais par des efforts individuels. C'est une affaire d'argent. Le danger est grand pour beaucoup d'espèces, car, depuis 500 ans, 140 espèces d'oiseaux ont déjà disparu de la surface du globe.

N'oublions pas que c'est un crime de laisser ou faire disparaître une espèce. Nous réunissons à grands frais et avec raison les chefs-d'œuvre dus à l'activité humaine, et nous ne dépenserions rien pour conserver des chefs-d'œuvre naturels que l'homme ne peut pas surpasser, ni même égaler !

A. Menegaux,
Assistant au Muséum d'Histoire naturelle.

1. L'acre vaut 41 ares environ.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 6 Décembre 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **Ch. Frémont**: *Un échappement d'horloge au XIIIe siècle.* Le plus ancien mécanisme connu d'horloge à poids est celui que fit exécuter, vers 1370, Charles V, roi de France, avec un échappement dit à roue de rencontre. L'auteur vient de retrouver, dans un manuscrit dessiné de 1240 à 1251 par l'architecte français Villard de Honnecourt, près Cambrai, une horloge à poids de type encore plus ancien, comportant un échappement par chocs successifs sur une corde, précurseur de l'échappement à roue de rencontre.

2° Sciences physiques. — MM. **P. Le Rolland** et **A. Carpentier** : *Sur un appareil d'induction pour la recherche des projectiles.* M. Lippmann a recommandé l'emploi de la balance de Hughes, formée de deux bobines d'induction identiques, pour déceler les projectiles dans le corps des blessés. Un effet identique peut être obtenu par l'emploi d'un seul système d'induction disposé de façon que la f. é. m. induite résultante soit nulle. On peut réaliser un tel système à l'aide de deux bobines dont les axes sont dans le même plan et telles que le plan des spires de l'une soit normal au plan des spires de l'autre. Les auteurs ont construit, sur ces données, un appareil de dimensions réduites, destiné, recouvert d'une gaine de caoutchouc stérilisée, à être introduit dans la plaie opératoire et à guider le chirurgien pour l'extraction du projectile.—M. **L. Malclès** : *L'influence électrique dans une cellule à paroi isolante et à noyau liquide.* L'auteur a étudié l'action du champ électrique sur divers liquides introduits dans une capsule en quartz coulé, qui constitue un excellent isolant. Avec le mercure et l'eau, il n'y a ni modification d'équilibre, ni effet résiduel apparent après la charge ou la décharge, ce qui s'explique par le déplacement très rapide des ions électrolytiques dans l'eau et par une distribution de ces ions identique à celle des ions métalliques dans le mercure ou très voisine. L'équilibre est encore le même, mais n'est pas instantané, si le liquide est un isolant tel que l'huile de vaseline, l'essence de térébenthine, l'éther de pétrole, auxquels cas la décharge des condensateurs accuse un courant de retour dû à la recombinaison très lente des ions dans la nappe. — M. **L. Wertenstein** : *Sur la charge du recul radioactif.* L'auteur a déterminé la charge des atomes de recul du RaD projeté dans la transformation du RaC. Dans le meilleur vide, les atomes RaD projetés ne portent pas de charge électrique; lorsque la pression s'élève, ils acquièrent une charge positive, graduellement croissante, qui atteint et peut même dépasser la valeur de la charge des rayons α. Il en résulte que la charge positive des atomes de RaD est une conséquence de leur choc contre les molécules du gaz ambiant, chocs qui provoquent la séparation d'un ou plusieurs électrons de l'atome radio-actif; ces dissociations des atomes radioactifs sont suivies de recombinaisons lorsque la vitesse des atomes diminue. — MM. **L. Tschugaeff** et **W. Khlopine** : *Sur la série des sels hydroxo-pentamino-platiniques.* Les auteurs ont préparé un certain nombre de sels de la série hydroxo-pentamino-platinique $[Pt.5NH^3(OH)]X^3$. Le carbonate se prépare facilement par l'action de l'ozone sur le chlorure de Peyrone en présence de carbonate d'ammonium et de NH^3 en excès. Cette série se rapproche de la série $[Pt.6NH^3]X^4$ par l'insolubilité presque absolue de son carbonate et surtout de son sulfate dans l'eau pure et la solubilité de ces sels dans les alcalis fixes.

3° Sciences naturelles. — M. **Louis Roule** : *Sur de nouvelles recherches concernant la migration de montée des saumons.* Les nouvelles recherches effectuées par l'auteur sur la rivière Aven, en Bretagne, ont confirmé pleinement ses précédentes conclusions. Le saumon, en remontant de la base de l'estuaire vers son sommet et des couches profondes vers les couches superficielles, puis, après avoir pénétré en rivière, en parcourant celle-ci pour parvenir sur ses frayères, se dirige avec continuité (selon le courant à marée montante dans l'estuaire, à contre-courant à marée descendante dans l'estuaire et en eau douce dans le fleuve) vers un milieu mieux pourvu en oxygène et plus apte à entretenir une respiration active. Il conviendra donc, dans les travaux de repeuplement de nos cours d'eau en saumons, de ne s'adresser qu'aux rivières pourvues d'une oxygénation suffisante, et de négliger les autres, où ces tentatives seraient vouées d'avance à un échec. — MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil** : *Sur la structure d'un Copépode parasite* (Xenocœloma Brumpti *n. g. n. sp.*) *et ses rapports avec son hôte* (Polycirrus arenivorus *Caull.*). Les auteurs ont trouvé sur le *Polycirrus arenivorus*, habitant le sable fin qui découvre aux grandes marées, une espèce voisine du *Saccopsis alleni* Brumpt, mais qui présente des rapports beaucoup plus intimes avec son hôte. La paroi propre du Copépode est devenue rudimentaire; elle est physiologiquement remplacée par celle de l'hôte; malgré l'apparence, il s'agit ici d'un parasite interne. La cavité qui pénètre dans toutes les parties du Crustacé n'est autre chose qu'une hernie du cœlome de l'Annélide ; quelquefois, le tube digestif du *Polycirrus* fait plus ou moins saillie sous forme d'anse dans la partie supérieure du Copépode. Ce dernier n'a plus trace de tube digestif ; la nutrition se fait évidemment par osmose, aux dépens du liquide cœlomique de l'Annélide. La masse du parasite est formée par les glandes génitales : ovaires et testicule ; le parasite est hermaphrodite, cas unique dans cet ordre de Crustacés. Les auteurs font de cet organisme un genre distinct, qu'ils nomment *Xenocœloma* ; l'espèce de Brumpt doit y être rattachée et devient le *Xenocœloma alleni*, tandis que leur espèce est désignée sous le nom de *X. Brumpti*.

Séance du 13 Décembre 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Guillaume**: *Observations du Soleil faites à l'Observatoire de Lyon pendant le 2e trimestre de 1915.* L'augmentation du nombre des taches, signalée dans le trimestre précédent, s'est encore accrue. L'augmentation des facules a été beaucoup moindre que celle des taches.

2° Sciences physiques.— M. **P. Breteau** : *Sur la préparation du sulfure de calcium phosphorescent.* L'auteur a reconnu que le carbonate et le chlorure de sodium ne sont pas indispensables à la préparation du sulfure de calcium phosphorescent, comme l'indique Verneuil, et que le chauffage au rouge vif dans un four Perrot est plutôt nuisible. Ce corps s'obtient le mieux en chauffant dans un four à moufle au rouge sombre $CaCO^3$ précipité pur et S en canon pulvérisé. Après refroidissement, on imprègne le sulfure au 1/10.000 de son poids de bismuth, au moyen d'une solution d'azotate basique, puis on chauffe au rouge cerise naissant pendant 2 h. On obtient ainsi un sulfure pulvérulent, doué d'une belle phosphorescence violette.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Compton** : *Influence de quelques facteurs météorologiques sur l'apparition des cas de méningite cérébro-spinale.* L'auteur a reconnu que les conditions atmosphériques qui semblent le plus favorables à l'apparition des cas de méningite cérébro-spinale sont une forte humidité relative (saturation) de l'atmosphère, combinée avec une grande égalité de

température. — MM. **M. Weinberg** et **P.-F. Séguin** : *Recherches sur la gangrène gazeuse.* La *Revue* publiera prochainement un article des auteurs sur ce sujet. — **M. A.-F. Legendre** : *Considérations générales sur les formes structurales de la Chine sud-occidentale et des Marches thibétaines.* Ce vaste territoire a, dans son ensemble, un aspect caractérisé de vieux pays, dont les formes nivelées, avec versants peu accusés dans les hauts, sont en violent contraste avec des formes de rajeunissement extrêmement abruptes dans les pentes inférieures, si bien que les dépressions, les vallées, sont de véritables cañons sur une grande partie de leur développement. Cette morphologie n'est explicable que par l'acceptation de mouvements épirogéniques, de mouvements verticaux récents, ayant provoqué un abaissement considérable des niveaux de base primitifs. — **M. J. Répelin** : *Découverte d'ossements de grands Pythonomorphes dans le Crétacé supérieur des environs de Jérusalem.* L'existence de grands Reptiles du groupe des Lépidosauriens n'était connue qu'en Europe et en Amérique. L'auteur a reçu d'un missionnaire cinq vertèbres découvertes l'année dernière dans le Crétacé supérieur des environs de Jérusalem, qu'il attribue à un Liodon d'espèce nouvelle, le *L. asiaticum.* — **M. H. Douvillé** : *Les Orbitoïdés du Danien et du Tertiaire.* L'auteur poursuit sa description et sa classification des Orbitoïdés par le genre *Orthophragmina*, du Danien, où les logettes, qui étaient arrondies, deviennent peu à peu rectangulaires; on peut distinguer dans ce genre deux groupes : les lenticulaires (*Discocyclina*) et les étoiles (*Asterodiscus*). Dans le genre *Lepidocyclina*, qui apparaît vers la fin de l'Eocène, les logettes redeviennent fortement convexes en avant; en même temps, les parois de la nucléoconque augmentent notablement d'épaisseur; les logettes sont de forme hexagonale. Ce genre peut se diviser en quatre groupes : *Isolepidina, Eulepidina, Nephrolepidina* et *Pliolepidina.*

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 30 *Novembre* 1915

M. A. Routier : *Tétanos anormal localisé.* L'auteur communique sept observations de tétanos anormal localisé, dont trois terminées par la mort par asphyxie. Le traitement a consisté dans l'administration de doses massives de chloral, et en injections de morphine pour empêcher les crises paroxystiques. Les injections d'un mélange de persulfate de soude et de phosphate acide de calcium ont également arrêté la douleur et la contracture. — **M. Ed. Delorme** : *Des raideurs articulaires et des ankyloses consécutives aux blessures de guerre.* L'auteur montre que les ankyloses et raideurs consécutives aux blessures ne sont si fréquentes que parce qu'elles résultent de pratiques erronées : immobilisation des fractures dans des appareils fixes, inamovibles; absence ou insuffisance de la gymnastique articulaire au cours du traitement; positions vicieuses, fixes, que produisent les cicatrices des parties molles, superficielles ou profondes; abus des pansements à plat appliqués sur de vastes pertes de substances, insuffisance de l'électrisation des muscles atrophiés; enfin pratique trop exclusive de la mécanothérapie, surtout active, sans contrôle scientifique précis. L'auteur estime que la mécanothérapie ne doit être qu'un adjuvant de la chirurgie orthopédique, et il indique les résultats excellents obtenus par l'emploi coordonné de ces deux méthodes. — **M. Monprofit** : *L'éducation des aveugles par blessures de guerre.* L'auteur préconise une méthode due à Mlle Mulot, d'Angers, pour l'éducation des aveugles. On sait que ceux-ci arrivent à lire par la méthode Braille, au moyen de points en relief, mais ils ne peuvent pas correspondre ainsi avec les voyants. Mlle Mulot a réalisé une méthode d'écriture en caractères ordinaires en relief, au moyen d'un guide qui permet de tracer les lettres ordinaires et d'une encre spéciale épaisse qui, en séchant, leur donne le relief nécessaire. L'aveugle peut ainsi se relire et se corriger lui-même et être relu par les voyants.

Séance du 7 *Décembre* 1915

M. A. Chantemesse : *Sur la prophylaxie de la scarlatine.* L'auteur rappelle la méthode du Dr Milne pour le traitement efficace et la prophylaxie de la scarlatine. Elle consiste essentiellement : 1° à porter dans la gorge du malade un tampon imbibé d'un antiseptique bien toléré, huile phéniquée au dixième; à faire, à l'aide de ce tampon maintenu entre les mors d'une pince, une manière d'écouvillonnage des amygdales et de la totalité du pharynx, et à renouveler ce badigeonnage d'huile phéniquée toutes les 3 heures jour et nuit pendant 48 heures; ensuite à le répéter 2 fois par jour seulement pendant encore une semaine; 2° à pratiquer sur toute la surface du corps du malade, cuir chevelu compris, une friction rapide avec l'essence d'eucalyptus, friction biquotidienne pendant 20 jours, et enfin tous les 2 jours jusqu'au trentième. Ce traitement a été appliqué par l'auteur à 31 soldats atteints de scarlatine, à l'hôpital temporaire de l'Ecole Polytechnique : 27 soignés dès le début ont eu une maladie bénigne; 4 soignés plus tardivement ont eu une fièvre plus longue, mais tous ont guéri sans exception. En outre, à partir du début du traitement, tous les scarlatineux ainsi traités ont cessé d'être contagieux, ou du moins n'ont pas transmis de contage. — MM. **A. Ranque** et **Ch. Senez** : *L'immunité spécifique et l'immunité de groupe obtenue contre les bacilles typhiques et paratyphiques A et B par les vaccins iodés.* Les auteurs ont constaté que la vaccination contre les paratyphiques n'est pas plus dangereuse que la vaccination contre le bacille typhique. Les vaccins préparés par la méthode de l'iodisation paraissent être particulièrement atoxiques. Les vaccins antityphiques et antiparatyphiques iodés confèrent à l'homme et aux animaux une immunité solide. Ceux-ci résistent ensuite à l'inoculation de doses considérables de cultures virulentes. Dans leur sang, comme dans le sang de l'homme vacciné, naissent des anticorps d'immunité (substances bactéricides et agglutinantes) que les auteurs ont décelé vis-à-vis de chacun des trois germes composant le vaccin. Chez l'homme, contrairement au lapin, le sérum réagit d'une façon à peu près égale vis-à-vis des bacilles typhiques et paratyphiques. L'immunité spécifique obtenue s'accompagne d'une « immunité de groupe » secondaire, qui est plus forte vis-à-vis des para que vis-à-vis du bacille typhique. Aussi peut-on obtenir chez l'homme une immunité complète contre les trois germes étudiés sans ajouter à la dose de vaccin antityphique habituelle une dose égale de chacun des deux vaccins antiparatyphiques.

Séance du 14 *Décembre* 1915

Séance publique annuelle. M. **R. Blanchard** lit le Rapport général sur les prix décernés en 1915. — M. **E. Debove** prononce l'éloge de Marcellin Berthelot.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 4 *Décembre* 1915

MM. **E. Gley** et **M. Mendelssohn** : *Quelques expériences sur le réflexe salivaire conditionnel chez l'homme.* Les auteurs ont recherché s'il est possible de provoquer, chez l'homme, les réflexes salivaires conditionnels que Pavloff et son école ont décrits et étudiés chez le chien. Chez leur sujet, l'excitation gustative était associée à une excitation auditive ou lumineuse. Le résultat a été négatif. Toutefois, il serait prématuré de tirer des conclusions définitives de ce seul essai, le sujet présentant une médiocre excitabilité cérébrale, et un temps beaucoup plus long étant peut-être nécessaire chez l'homme que chez le chien pour que s'organisent chez le premier des phénomènes d'association. — MM. **E. Weil** et **G. Mouriquand** : *Recherches sur les maladies par « carence ». Béribéri expérimental provoqué par une alimentation exclusive avec l'orge cortiqué stérilisé.* Les auteurs

montrent que la décortication ou la stérilisation de l'orge complet aboutissent physiologiquement au même résultat, les animaux qui sont nourris exclusivement de l'un ou de l'autre produit contractant les mêmes troubles paralytiques. La substance enlevée par décortication ou tuée par stérilisation des grains d'orge complet semble siéger dans la cuticule et être de même nature que celle du riz, qui donne lieu à des phénomènes analogues. — M. **Ed. Retterer**: *De la nature et de l'origine des plaquettes sanguines.* De même que le plasma lymphatique ou sanguin n'est que du cytoplasma « coulant », les plaquettes sanguines correspondent aux fragments du réticulum cytoplasmique revêtus encore d'une mince enveloppe d'hyaloplasma. Versées dans le sang, elles y circulent comme les restes cellulaires (leucocytes et hématies) qui, de même que les plaquettes, ne représentent que des portions détachées du tissu ou syncytium originel. — MM. **A. Lebœuf, J. Bounafous** et **P. Braun**: *Sur un procédé d'hémoculture en bouillon citraté.* Par l'ensemencement du sang pris à la veine dans du bouillon citraté, à raison de 2 cm³ de sang pour 10,5 cm³ de bouillon citraté (bouillon peptoné, 10 cm³; solution de citrate de soude à 10 %, 0,5 cm³), on possède un procédé d'hémoculture « de nécessité » applicable en tout temps et tous lieux, et d'une sensibilité égale à celle du procédé Conradi-Kayser. *Action comparée du bacille d'Eberth et des paratyphiques A et B sur les milieux au citrate de soude.* En bouillon citraté (voir ci-dessus) additionné de sang humain à raison de 2 cm³ de sang pour 10 cm³ de milieu, le para A n'a jamais donné de coagulation, tandis que le bacille d'Eberth et le para B ont amené la production d'un caillot. En bouillon citraté tournesolé, le para A donne une teinte rose violacée; le bacille d'Eberth et le para B font, après un caméléonage plus ou moins marqué, virer le milieu au bleu. — M. **Et. Rabaud**: *Sur quelques réflexes des Orthoptères acridiens.* L'auteur a reconnu que le rejet par la bouche d'un liquide noirâtre au moment de la capture, chez les Acridiens, est le fait d'un réflexe bien caractérisé qui part de zones périphériques nettement localisées et aboutit à la musculature du jabot; si on capture l'insecte sans comprimer son thorax, en le saisissant par les élytres, les antennes, la tête ou l'abdomen, on ne provoque aucun dégorgement. Chez les mêmes insectes, on observe aussi un réflexe du saut : le frottement de la face ventrale de l'abdomen en suivant la ligne médiane provoque une détente brusque et très violente des membres postérieurs. — M. **H. Carageorgiades**: *Sur un nouveau milieu de culture électif pour les microbes encapsulés.* Ce milieu se prépare comme suit. A 60 cm³ d'eau distillée, ajouter 30 cm³ d'un sérum sanguin quelconque, 10 cm³ de blanc d'œuf, 10 gouttes de glycérine neutre et 0,5 cm³ d'une solution de soude 1/10. Verser dans un ballon de 250 cm³, agiter pour mêler intimement et faire cuire à l'autoclave à 115° pendant 15 minutes. Filtrer chaud sur papier Chardin, répartir en tubes et stériliser à 115° pendant 10 minutes. Le liquide obtenu est clair, de couleur jaune ambrée; sa conservation est parfaite. — M. **J. Nageotte**: *Troubles apportés à la croissance des neurites, dans les cicatrices nerveuses, par certaines modifications provoquées de la névroglie.* L'auteur montre que l'hypertrophie provoquée des travées névrogliques gêne sensiblement la pénétration des neurites et exerce une action absolument néfaste sur leur développement ultérieur, en particulier sur leur myélinisation. — MM. **J.-P. Bounhiol** et **L. Pron**: *Sur la reproduction du Sargue vulgaire.* Les auteurs ont observé, pour ces poissons, sur les côtes d'Algérie, deux périodes de ponte : l'une en mai, qui est celle des grands adultes âgés, à germination ovulaire rapide, à grande fécondité et à régression ovarienne lente; l'autre en décembre-janvier, qui serait celle des jeunes adultes, peut-être leur ponte de début, précédée par une longue germination ovulaire et suivie d'une régression glandulaire rapide. L'élaboration des produits sexuels s'accomplit pendant les périodes où la salinité des eaux passe par les deux minima annuels. — MM. **P. Chevallier** et **H. Chabanier**: *Sur la localisation de l'urée dans le rein.* Les auteurs démontrent que l'urée se transmet très abondante dans le tube urinifère dès la branche descendante; parfaitement libre et précipitable, elle existe en grande quantité dans la substance corticale, et l'hypothèse d'une combinaison de l'urée à d'autres molécules est contraire aux faits. Chez le vivant, l'urée corticale occupe probablement les cellules des *tubuli contorti*; divers aspects histologiques font même supposer que l'urée passe par les bâtonnets de Haidenhain. MM. **M. Weinberg** et **P. Séguin** : *Flore microbienne de la gangrène gazeuse. Le B. fallax.* Dans un cas de gangrène gazeuse mortelle, les auteurs ont trouvé un nouvel anaérobie pathogène associé au vibrion septique et au *B. œdematiens*; ils le nomment *B. fallax*

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 3 Décembre 1915

M. **C. Raveau** : *Les franges des miroirs de Jamin.* I. *Franges théoriques des miroirs parfaits en lumière homogène.* Les rayons monochromatiques, émanés d'un point S, qui émergent d'une lame après avoir été réfléchis une fois sur sa face postérieure, sont dans les mêmes conditions que si, émanant d'un point S', symétrique de S par rapport à cette face, ils avaient traversé une lame de même orientation et d'épaisseur double. Ils sont donc normaux à un ellipsoïde de révolution dont le centre est le symétrique S_1 de S par rapport à la face antérieure. Après réflexion sur la face antérieure du second miroir, ils sont normaux à un ellipsoïde dont le centre est l'image S_2 de S_1 par rapport à cette face et dont l'axe est l'image, dans cette même face, d'une normale au premier miroir. D'autre part, les rayons issus de S qui, après réflexion sur la face antérieure de la première lame, semblent émaner de S_1 sont, à la sortie de la deuxième lame, normaux à un ellipsoïde de centre S_2, égal au premier et dont l'axe est normal à la seconde lame. Ainsi (abstraction faite d'une très légère correction qu'entraînerait le changement de phase, variable avec l'incidence, dans la réflexion métallique) *les deux systèmes de surfaces d'onde* auxquelles sont normales les deux congruences de rayons issus d'un point *sont les surfaces parallèles à deux ellipsoïdes de révolution égaux et concentriques.* Ce couple d'ellipsoïdes admet trois plans de symétrie. Deux d'entre eux sont normaux aux plans des deux axes et également inclinés sur ces deux axes. En tout point de ces plans, la différence de marche est nulle pour toutes les couleurs. Les franges blanches dont on parle d'ordinaire sont à l'infini sur le plan de symétrie contenu dans l'angle aigu des axes. Un troisième plan de symétrie est celui des axes, normal aux deux miroirs. Dans ce plan, les deux ellipsoïdes admettent, dans chaque quadrant, une normale commune, c'est-à-dire que *deux rayons interférents se confondent.* Conformément à une remarque générale de M. Raveau, les franges, au voisinage de ce rayon, ne peuvent être représentées en première approximation que par des courbes du second degré, qui sont ici des ellipses. Ces anneaux ont été étudiés par M. Joubin. La superposition des rayons entraîne cette conséquence : les deux angles d'incidence sont tels que l'écart des rayons séparés par les lames serait le même. Le maximum d'écart ayant lieu, pour un indice 1,53, au voisinage de 49°, c'est de part et d'autre de cet angle que s'accouplent les incidences sous lesquelles peuvent apparaître des anneaux en lumière monochromatique. II. *Franges des miroirs réels. Réglage en lumière blanche.* La connaissance des franges théoriques permet d'apprécier exactement l'influence des défauts des miroirs, qui devient prépondérante au voisinage du parallélisme. Elle permet aussi de se faire une opinion sur deux méthodes de réglage. 1° L'une exige qu'on obtienne d'abord des franges monochromatiques horizontales telles qu'une rotation d'un des miroirs autour d'un axe vertical fasse défiler les franges sans changer leur direction. Une

telle règle fournit moins un procédé pratique qu'elle ne pose un problème, problème dont les résultats précédents rendent la solution aisée. 2° On conseille souvent de chercher à réaliser aussi parfaitement que possible la superposition des deux images de la source. Comme on vient de le voir, cette superposition n'entraîne nullement le parallélisme si l'incidence est voisine de 49° ; il peut même arriver qu'une superposition apparente se maintienne longtemps lorsqu'on fait tourner l'un des miroirs autour d'un axe vertical. En fait, *si l'on éclaire les deux fils rectangulaires d'un réticule, qu'on amène en coïncidence les deux images du fil horizontal et qu'on fasse diminuer lentement l'écart des deux images du fil vertical, on voit apparaître des franges en lumière blanche.* En général, cette apparition ne coïncide pas avec la superposition des images du fil vertical; lorsque l'écart est notable et que la coïncidence des images du fil horizontal est parfaite, les franges, qui ne sont pas alors très larges, sont grossièrement rectilignes et verticales. Ces franges sont semi-théoriques; leur aspect est corrélatif à celui des images du réticule ; leur existence est liée, mais de bien loin, à celle des franges théoriques extrêmement larges que présenteraient des miroirs parfaits verticaux dont l'angle est petit. De ces franges on passe aisément aux franges horizontales théoriques ou aux franges larges et irrégulières engendrées uniquement par les défauts des miroirs. La méthode réussirait absolument *à coup sûr* s'il n'arrivait quelquefois que le hasard des défauts des miroirs ne localise les franges trop près de l'œil de l'observateur. Dans ce cas, elles semblent tellement pâles qu'elles risquent de passer inaperçues d'un œil qui n'est pas très exercé. L'observateur qui aura pu les saisir même dans cette condition les verra, en se reculant, prendre de l'éclat, ce qui indique la marche à suivre dans le cas d'un premier insuccès.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 10 *Décembre* 1915

M. G. André : *Sur le déplacement de la potasse et de l'acide phosphorique contenus dans certaines roches, par quelques substances employées comme engrais.* L'auteur, après avoir rappelé les expériences de Daubrée sur ce sujet, montre que la trituration intime, en présence de l'eau, de certaines roches feldspathiques, riches en potasse, avec quelques substances employées comme engrais, produit un déplacement de cette base, laquelle passe en solution. Si, à l'aide d'un appareil automatique, on broie pendant 130 à 140 heures, dans un mortier d'agate, 10 gr. de feldspath microcline avec 1 gr. des substances suivantes : $NaCl$, CO^3Ca, $(PO^4)^2Ca^3$, $(PO^4)^2CaH^4$, NO^3Na, $SO^4(NH^4)^2$, SO^4Ca, on parvient à solubiliser des doses notables d'alcali, s'élevant, notamment dans le cas du sulfate d'ammonium, à 7,38 o/o de la quantité de la potasse contenue dans le feldspath. Il en est de même quand on opère avec la glauconie (silicate hydraté de fer et de potassium); une proportion de potasse, s'élevant à près de 10 o/o de la quantité de l'alcali contenu dans le minéral, est mise en liberté. Ces phénomènes de trituration sont analogues à ceux qui se produisent dans les torrents et dans le sol arable lui-même : plus les éléments rocheux sont amenés à un grand état de division et plus les principes actifs pour les végétaux qu'ils contiennent sont susceptibles de réagir, par double décomposition, sur les sels solubles renfermés dans les eaux ou ajoutés au sol sous forme d'engrais. Dans le cas de l'apatite, triturée avec de l'eau, en présence d'une faible dose de carbonate de potassium, une certaine quantité d'acide phosphorique est solubilisée : ce qui rend compte du rôle actif que joue le carbonate alcalin, contenu à l'état de traces dans les sols, vis-à-vis de la mise en liberté de l'acide phosphorique des apatites. — **M. L. Lindet :** *Le phosphore contenu dans les matières protéiques animales, après leur déminéralisation.* L'auteur, qui a indiqué, en 1912, une méthode pour doser le phosphore dit organique dans la caséine, a appliqué de nouveau cette méthode vis-à-vis des protéines contenues dans les œufs, le sang, l'osséine, la fibrine, le foie, la cervelle, la chair de poisson, etc... Seules les matières protéiques insolubles dans l'eau et dans les solutions salines, déminéralisées par l'acide acétique faible, sont de véritables phosphoprotéides, c'est-à-dire renferment du phosphore lié à la molécule organique; celui-ci, compté en P^2O^5, représente 3,66 o/o pour le jaune d'œuf, 0,25 o/o pour la fibrine, 1,00 et 1,26 pour le foie de veau et le foie de bœuf. Les solutions aqueuses ou salines, précipitées par l'acide phénique, en présence d'acide acétique faible, fournissent, au contraire, des protéines dont tout le phosphore est à l'état de phosphate de chaux. M. Lindet développe les raisons qui lui permettent de supposer que ce phosphore organique est à l'état d'acide phosphorique. Chemin faisant, M. Lindet a extrait de ces matières des huiles lécithinées, dans lesquelles, pour 1 molécule de P^2O^5, il a trouvé de $1^{mol}45$ à $1^{mol}87$ d'azote.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 4 *Novembre* 1915

1° Sciences mathématiques. — **M. W. E. Dalby :** *Diagramme pour faciliter l'étude de la Balistique extérieure.* L'auteur décrit une méthode semi-graphique pour résoudre les problèmes relatifs au mouvement dans un milieu résistant, avec une application particulière au mouvement d'un projectile après la sortie du canon. Il montre que les problèmes de tir direct peuvent être facilement et rapidement résolus à l'aide du diagramme, avec une exactitude suffisante pour la plupart des besoins pratiques, et probablement avec le même ordre d'exactitude que celui des données dont on a tiré la courbe primitive. Pour une vitesse donnée à la bouche, la portée, le temps de tir, l'angle d'élévation correspondant à la portée, l'angle de descente qu'on trouve sur le diagramme doivent être multipliés respectivement par le coefficient balistique pour obtenir la valeur cherchée de ces quantités. L'auteur montre, d'autre part, qu'on peut intégrer facilement la fonction de Siacci, et il ajoute au diagramme une courbe donnant la valeur intégrale de la fonction. Le diagramme peut être utilisé pour la solution des problèmes de tir sous un grand angle de la même façon que lorsqu'on emploie les tables balistiques. Les vitesses actuelles sont remplacées par des pseudo-vitesses calculées de la manière indiquées par les ouvrages de tir, puis ces pseudo-vitesses sont utilisées avec le diagramme. — **M. A. G. Hadcock :** *Sur la résistance longitudinale des cylindres fermés par des obturateurs vissés.* En calculant la culasse d'un canon ou l'extrémité vissée d'un cylindre hydraulique, on suppose d'habitude que la tension longitudinale due à la pression de la poudre dans l'âme, ou à la pression de l'eau dans le cylindre, est uniformément distribuée sur la section transversale. C'est rarement le cas, car, en pratique, la tension ne peut guère être appliquée uniformément sur la section; elle agit presque toujours sur la surface circonférencielle soit intérieure, soit extérieure. La tension sur la substance est donc plus grande sur la surface où la force est appliquée; de là, par suite de l'extension et du glissement longitudinal des fibres les unes sur les autres, la tension est partiellement transmise à travers l'épaisseur du cylindre. L'auteur montre que, dans un cylindre de ce genre, il existe, sur l'extrémité vissée, un moment de flexion exercé sur la substance, en plus de la tension longitudinale uniforme. L'auteur donne le calcul de ce moment dans le cas le plus simple.

2° Sciences physiques. — **M. W. B. Hardy :** *Application du principe de la similitude dynamique à la Physique moléculaire.* L'auteur développe le principe de la similitude dynamique et l'applique au cas de la chaleur latente interne d'évaporation. Si la température est proportionnelle à l'énergie moyenne de mouvement progressif des molécules, on trouve que les chaleurs latentes internes des états dynamiquement correspondants doivent

être données par l'équation $LM = a\tau$, où L est la chaleur latente, M le poids moléculaire en grammes, a une constante et τ la température. Cette équation peut être employée, soit pour identifier des températures correspondantes, soit pour éprouver les hypothèses sur les températures correspondantes. Dans ce mémoire, l'auteur suppose que les états critiques sont des états dynamiquement correspondants et que les températures correspondantes sont des fractions égales de la température critique. Il trouve que l'équation pour les chaleurs latentes internes a la forme $LM + b = a\tau$ pour les paraffines normales et pour certains dérivés halogénés du benzène. Si les hypothèses sont correctes, l'énergie potentielle des forces répulsives agissant entre les molécules contribue au processus d'évaporation. — M. **S. W. Richardson** : *Quelques expériences sur les propriétés des diélectriques.* L'auteur est arrivé aux conclusions suivantes : 1° Quand un diélectrique est soumis à une différence de potentiel électromotrice, il se polarise. Si on supprime subitement cette différence de potentiel, la polarisation disparaît d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement. C'est la diminution de cette polarisation qui donne naissance aux décharges dites *instantanée* et *résiduelle* d'un condensateur. 2° Soit une surface d'un diélectrique (sous forme de plaque ou de cylindre, non polarisé à l'origine) reliée à la terre d'une façon permanente, l'autre surface étant maintenue au potentiel V pendant un temps T. Si cette seconde surface est ensuite reliée à la terre, après un temps très court τ les deux surfaces sont au potentiel 0 et la charge électrique qui a été mise en liberté peut être représentée par KCV, où C est une constante dépendant des dimensions et de la disposition des surfaces, et K est en général sensiblement indépendant de V et de T. 3° Il reste dans le diélectrique une charge, qui disparaît lentement; elle peut être, à un temps quelconque t après le commencement de la décharge, représentée par $K_t'CV$. L'auteur nomme K la *capacité inductive spécifique instantanée* et K_t' *la capacité inductive spécifique résiduelle* du diélectrique, et la charge initiale dans le diélectrique est représentée par $(K + K_t')$ CV. 4° Si le diélectrique est chargé pendant un temps donné, K_t' diminue suivant la loi :

$$K_t' = Ae^{x - (\alpha t - \tau)} \doteqdot Ae^{x - \alpha t}$$

τ étant faible comparé à t, et

$$x \doteqdot A_1 e^{-\alpha_1 t} + A_2 e^{-\alpha_2 t}$$

Dans ces équations, A, α, A_1, α_1, A_2, α_2 sont des constantes. Toutefois, ces relations ne se vérifient que pour un temps de charge donné. L'examen détaillé de la façon dont se comportent un échantillon de quartz, taillé perpendiculairement à l'axe optique, et un échantillon de spath d'Islande, taillé parallèlement à un plan de clivage, a montré que, dans chacun des cas, A, α, α_1, α_2, varient continuellement avec le temps de charge, mais que A est proportionnel à K_τ'; donc :

$$K_t' \doteqdot n K_\tau' e^{x - \alpha t}$$

où n est une constante indépendante du temps de charge. En général, dans les limites des erreurs expérimentales, il est possible d'écrire :

$$K_t' = n K_\tau' e^{x - \alpha t};$$

après que la décharge a eu lieu pendant quelque temps cette équation se réduit à :

$$K_t' = K_\tau' e^{-\alpha t}.$$

— M. **R. J. Strutt**: *Observations sur la fluorescence et la résonance de la vapeur de sodium.* II. 1° La vapeur de sodium, éclairée par la seconde ligne de la série principale de l'ultra-violet, $\lambda = 3303$, émet la ligne D qui est le premier membre de cette série, en fluorescence. 2° La stimulation par la lumière ultraviolette en général en cause pas l'émission de la ligne D. 3° Lorsqu'un membre seulement du doublet ultraviolet 3303 est stimulé, les deux lignes D, et non pas une seule, sont émises avec une intensité presque égale. C'est un résultat inattendu, à la suite des travaux de Wood et Dunoyer, qui avaient trouvé que la stimulation par la lumière D_2 est incapable d'exciter la lumière D_1. 4° La stimulation à λ 3303 n'a donné naissance à aucune radiation de résonance de même longueur d'onde observable, ni à aucune émission observable de lignes des séries subordonnées. — M. **A. B. Wood** : *La volatilisation des dépôts radioactifs extrêmement minces.* L'auteur a étudié les facteurs les plus importants (surface de dépôt, variation de la quantité de dépôt par cm², variation de la période de chauffe, de la température et de la pression) qui influent sur la volatilisation des pellicules extrêmement minces de dépôts radio-actifs (thorium B). Il est extrêmement difficile d'éloigner, par le seul chauffage, les dernières traces de dépôts actifs des surfaces de quartz, de nickel et de platine. Les résultats les plus concordants sont obtenus quand la surface est exposée à l'émanation sans champ électrique; dans ce cas, la volatilisation est indépendante du temps d'exposition à l'émanation. La volatilisation obéit pratiquement à la même loi que la vitesse d'émission des ions positifs par un corps chaud, l'expression : Vitesse $= AT^n e^{-BT}$ étant modifiée par l'introduction d'un facteur Φ (N) qui dépend de la quantité de dépôt actif qui a été volatilisée. L'auteur donne les courbes de volatilisation aux pressions de 760 et de 3 mm.; il y a abaissement de la température initiale de volatilisation à basse pression. — M. **W. M. Thornton** : *La réaction entre gaz et pôle dans l'allumage électrique des mélanges gazeux.* L'auteur montre que le métal des pointes entre lesquelles jaillit l'étincelle a une grande influence sur l'allumage, que les étincelles soient disruptives ou formées par la séparation des pôles. L'ordre de difficulté d'allumage par les étincelles de rupture du courant continu est celui de la densité des pôles. L'ordre d'allumage par les étincelles alternatives ou provenant de la décharge de condenseurs est proportionnel à la rapidité de chauffage des pointes de contact. L'allumage par longues étincelles de décharge disruptive varie comme la ténacité de la substance des pôles. Avec des pôles de carbone, la décharge de condensateur a le plus d'effet sur l'hydrogène, la décharge disruptive longue sur le méthane. — M. **W. G. Duffield** : *La consommation du carbone dans l'arc électrique.* L'auteur a entrepris de déterminer la quantité de matière perdue par les pôles dans un arc au carbone à courant direct pour différentes conditions de courant et de longueur de l'arc. Avant de commencer les pesées, on fait passer l'arc jusqu'à ce que les charbons aient pris leur forme de régime; dans ces conditions, on obtient des résultats concordants. Pour un courant donné, la consommation du carbone de la cathode et de l'anode augmente avec la longueur de l'arc jusqu'à une valeur constante. En employant des arcs longs, la consommation par coulomb décroît lorsque le courant augmente; le rapport de la consommation de l'anode à celle de la cathode est de 1,5; il augmente légèrement avec le courant. Pour les arcs extrêmement courts, la perte d'un atome de carbone de la cathode est accompagnée du transport entre les pôles d'une quantité d'électricité équivalant à quatre charges électroniques, l'intensité du courant pouvant varier de 2 à 100 ampères.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 *Septembre* 1915

1° Sciences mathématiques. — MM. W. Kapteyn et Jan de Vries présentent un travail de M. **J. G. Rutgers** : *Sur une équation intégrale linéaire de Volterra de première espèce, dont le noyau contient une fonction bessélienne.* L'auteur considère une équation intégrale, qui est une application de l'extension donnée par Sonine à l'équation intégrale d'Abel. Il démontre qu'elle se

résout à l'aide de relations connues dans la théorie des fonctions besséliennes. — MM. **E. F. van de Sande Bakhuyzen** et **C. de Jong** : *Sur l'influence que le rapport systématique entre la grandeur de la parallaxe des étoiles et leur distance apparente au plan de la Voie lactée exerce sur la détermination de la constante de la précession et des mouvements propres systématiques.* Dans les recherches concernant la constante de la précession et les mouvements propres systématiques des étoiles, on n'a pas jusqu'ici tenu compte du fait que les étoiles d'un ordre de grandeur déterminé sont en moyenne d'autant plus éloignées de nous qu'elles sont plus rapprochées du plan de la Voie lactée. Il résulte de l'examen des auteurs que l'importance de ce fait dans les recherches en question n'est pas à négliger.

2° Sciences physiques. — MM. H. Kamerlingh Onnes et H. A. Lorentz présentent un travail de M. **W. H. Keesom** : *Le second coefficient du viriel pour des molécules rigides, sphériques, dont l'attraction mutuelle est équivalente à celle de quadripoles placés aux centres.* La façon dont le second coefficient du viriel de l'hydrogène varie avec la température s'accorde avec l'hypothèse d'une structure bipolaire des molécules. Cependant, les recherches de Debye ont prouvé que les molécules des gaz élémentaires diatomiques n'ont pas le moment d'un bipole électrique. C'est pourquoi l'auteur fait maintenant l'hypothèse d'une constitution quadripolaire des molécules d'hydrogène. Cette hypothèse, qui aux hautes températures conduit à peu près aux mêmes résultats que la précédente, n'est plus en contradiction avec les recherches de Debye. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **W. J. de Haas** : *Nouvelles expériences sur le moment de quantité de mouvement existant dans un aimant.* L'auteur est parvenu à séparer nettement l'effet Einstein de phénomènes parasites, en se servant d'une nouvelle méthode, basée sur une lente résonance, qui permet d'examiner la différence de phase entre l'effet et sa cause, et d'éliminer en outre complètement certaines causes d'erreurs, qui ne l'avaient été qu'imparfaitement dans les recherches précédentes. Bien qu'un examen quantitatif précis ne fût pas au programme de ces recherches, l'accord quantitatif entre la théorie et l'expérience était néanmoins satisfaisant. — M. **P. Zeeman** : *Sur une influence possible de l'entraînement des ondes lumineuses sur les phénomènes solaires.* L'existence du terme de dispersion de Lorentz dans l'expression du coefficient d'entraînement peut donner lieu à une modification de la propagation des ondes lumineuses dans un milieu mouvant, où existe un gradient de vitesse. L'existence simultanée de gradients de vitesse et d'une dispersion anormale peut donner lieu, sans qu'il y ait des gradients de densités, à une déviation des rayons lumineux. — MM. **F. M. Jaeger** et **H. Haga** : *Sur la symétrie des röntgénogrammes de cristaux trigonaux et hexagonaux et sur les images de diffraction normales et anormales dans les cristaux biréfringents en général.* Recherches prouvant que la théorie des phénomènes de diffraction actuellement admise rend en principe la façon générale dont se comportent les cristaux vis-à-vis du rayonnement Röntgen et que la symétrie imparfaite des röntgénogrammes, observée dans beaucoup de cas, résulte de certaines causes secondaires, qui résident dans des troubles dans la structure moléculaire des cristaux. — MM. **H. Haga** et **F. M. Jaeger** : *Sur la symétrie des röntgénogrammes de cristaux rhombiques.* Il résulte de ces recherches que dans les cas ordinaires les prévisions de la théorie se vérifient pour les cristaux biaxes. La disparition de certains plans de symétrie n'est pas un phénomène lié à l'anisotropie des cristaux, mais une anomalie. — MM. **F. M. Jaeger** et **Jul. Kahn** : *Recherches sur le coefficient de température de l'énergie superficielle moléculaire de liquides entre 80° et 1650°C. XIII. L'énergie superficielle de dérivés benzéniques isomères. XIV. Mesures relatives à une série de composés aromatiques et hétérocycliques.* — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de M. **G. Holst** : *Sur la mesure de températures très basses. XXVI. Les tensions de vapeur de l'oxygène et de l'azote d'après les mesures de pressions de von Siemens et les déterminations de températures de Kamerlingh Onnes.* Travail ayant pour but de corriger les résultats de H. von Siemens. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et divariants. II.* Examen de pareils équilibres dans les systèmes ternaires. — M. **J. K. A. Wertheim Salomonson** : *Une différence de l'action de la lumière et des rayons Röntgen sur des plaques photographiques.* La couche sensible d'une plaque photographique absorbe fortement les rayons lumineux, médiocrement les rayons Röntgen. Il s'ensuit que le dépôt d'argent est accumulé à la surface dans une plaque soumise à l'action de la lumière, tandis que ce ce dépôt est réparti dans toute la couche lorsque la plaque a été soumise au rayonnement de Röntgen. Plus les rayons sont durs, plus le dépôt se concentre vers la surface. — M. P. van Romburgh présente une note de M. **A. W. K. de Jong** : *Action de la lumière sur les acides cinnamiques.* — MM. P. van Romburgh et A. P. N. Franchimont présentent une note de M. **A. G. Van Romburgh** : *Sur des dérivés nitrés des alkylbenzidines.*

3° Sciences naturelles. — MM. C. Winkler et J. Bocke présentent un travail de M. **H. A. Vermeulen** : *L'aire du vague chez le Camelopardalis giraffa.* Examen microscopique du système nerveux central de la girafe. — MM. **F. A. F. C. Went** et **A. A. L. Rutgers** : *Sur l'influence de circonstances extérieures sur la floraison du Dendrobium crumenatum Lindl.* — M. C. A. Pekelharing présente un travail de M. **W. E. Ringer** : *Nouvelles recherches sur la pepsine pure.* Examen de la façon dont la pepsine se conduit dans un champ électrique et de l'importance de la concentration des ions hydrogène pour l'action de cet enzyme.

Séance du 30 *Octobre* 1915

1° Sciences physiques. — M. **H. A. Lorentz** : *La dilatation thermique des corps solides.* Ce travail a pour but de montrer que les considérations de Debye et van Everdingen sur la dilatation peuvent être mises sous une forme plus simple. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **J. Droste** : *Le champ de deux centres sphériques en repos dans la théorie de la gravitation d'Einstein.* — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **W. H. Keesom** : *Deux théorèmes concernant le second coefficient du viriel pour des molécules sphériques rigides qui, outre des forces de percussion, n'exercent les unes sur les autres que des forces suivant la loi de Coulomb, et dont la charge totale est nulle.* — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de M. **A. Smits** : *Sur des points d'arrêt critiques dans les systèmes ternaires. III.* Examen de nouveaux cas et leur représentation en projection dans le triangle des concentrations et dans le graphique p, t. — M. **F. A. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono et divariants. III.* Examen des systèmes quaternaires. — M. **H. E. J. G. du Bois** : *Théorie des armatures et bobines polaires. II.* Calculs et expériences préliminaires relatifs à la question, actuellement à l'ordre du jour, de la production de champs magnétiques de plus en plus intenses. — M. **W. H. Julius** : *Dispersion anomale et raies de Fraunhofer. Réfutation d'objections* (1re partie). Examen minutieux des arguments invoqués par les adversaires de l'idée que la réfraction irrégulière et la dispersion anomale sont des facteurs importants dans la production de plusieurs phénomènes astrophysiques.

J.-E. V.

(*A suivre.*)

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 2 30 JANVIER 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **LOUIS OLIVIER**

DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique

Relation entre le parcours et le pouvoir ionisant des rayons α émis par les corps radioactifs. — Le courant d'ionisation déterminé dans l'air par les rayons α va en croissant avec le pouvoir pénétrant de ces rayons ou leur parcours (chemin qu'ils peuvent traverser). Certaines expériences faites sur les rayons α du radioactinium et du thorium ainsi que de leurs produits de désintégration avaient conduit à la relation très simple :

$$(1) \qquad I = kR^{\frac{2}{3}}$$

entre l'intensité I du courant d'ionisation dû à une particule α et le parcours R de cette particule, k désignant une constante. MM. Mc Coy et D. Leman viennent de généraliser cette formule en l'appliquant aux rayons α produits par le radium et ses produits de désintégration [1].

Les expériences faites consistent à préparer du radium exempt de tout produit de désintégration et à mesurer l'ionisation : 1° aussitôt après; 2° au bout d'un laps de temps suffisant pour que se soient formés les produits de désintégration et que ceux-ci soient en équilibre avec le radium. L'accroissement d'ionisation est imputable aux produits de désintégration.

On prépare un précipité de Ra—Ba SO^4 libre de tout produit de désintégration par la technique suivante : la solution de chlorure de radium pur dans HCl dilué est portée à l'ébullition afin de chasser l'émanation et le radium A; on ajoute quelques gouttes d'une solution d'acétate de plomb et l'on fait passer un courant d'H^2S : le précipité de sulfure de plomb entraîne les radiums B, C, D, E et F. On filtre et on soumet la liqueur filtrée à la même série d'opérations. A la liqueur filtrée finalement obtenue on ajoute une solution de chlorure de baryum et quelques gouttes d'acide sulfurique pour préciter les sulfates de radium et de baryum. Le précipité, après lavage, est étendu en une couche mince sur une lame de verre.

Au moment de la précipitation par l'acide sulfurique, on peut admettre que le radium est débarrassé de ses produits de désintégration. Cet instant est pris comme temps initial. On compare l'activité ionisante de la couche obtenue à celle d'une couche étalon d'oxyde d'uranium à des instants déterminés. L'activité va d'abord en croissant régulièrement pendant les 6 premières heures, ce qui permet, par extrapolation, d'avoir l'activité initiale. Au bout de 5 à 6 semaines, l'activité demeure constante : la valeur alors mesurée représente l'activité finale. D'ailleurs des corrections doivent être faites pour tenir compte de l'activité des rayons β ainsi que l'émanation produite. Toutes corrections faites, le rapport I/I_0 de l'intensité finale du courant d'ionisation à l'intensité initiale a été trouvé égal à 5,11. Si donc l'on désigne par 1 l'intensité initiale (celle due au radium pur), l'activité de l'ensemble des produits de désintégration devra être prise égale à 4,11.

Ce nombre est en bon accord avec celui qu'on peut déduire de la formule (1), à condition d'admettre, ce qui est très probable, que, dans la série Ra — Em — RaA — RaC, chaque terme présent au moment de l'équilibre produit le même nombre de rayons α. C'est ce que montre le tableau suivant (Tableau I).

Tableau I

	Parcours à 15°	$R^{2/3}$	Activités relatives calculées	
	—	—	—	
Ra	3,30	2,217	1,00	
Em	4,16	2,586	1,17	4,09
RaA	4,75	2,826	1,28	
RaC	6,94	3,639	1,64	

L'augmentation du rendement lumineux des solides incandescents par la réduction de l'émission dans l'infra-rouge. — Les solides à l'état incandescent émettent en général une grande quantité de radiation infra-rouge; si l'on pouvait empêcher la dissipation de l'énergie sous cette forme, la

1. *Physical Review*, sept. 1915.

température nécessitée pour la production des radiations visibles pourrait être abaissée et le rendement lumineux accru.

Depuis plusieurs années, M. W. W. Coblentz s'est attaché à l'étude de ce problème, et il a reconnu que certaines substances ont la propriété de donner à l'état incandescent un spectre d'émission infra-rouge discontinu et donc fortement réduit. Il a réalisé[1] un radiateur constitué par un fil mince d'un silicate d'aluminium complexe (feldspath) attaché à une baguette d'oxyde d'aluminium servant de support. Le fil mince a la propriété de pouvoir être porté à une température voisine de son point de fusion sans évaporation; c'est pour éviter sa rupture par fusion et la formation d'un arc qu'il a été combiné avec un support d'alumine; mais le spectre d'émission infra-rouge de l'ensemble reste discontinu, même aux plus hautes températures, et l'énergie requise pour produire la même quantité de radiation visible qu'un radiateur ordinaire est beaucoup moindre.

La mise en pratique de cette découverte demandera sans doute encore de nouvelles recherches, mais M. Coblentz estime avoir fait, pour la première fois, un pas décisif vers la solution de ce problème.

§ 2. — Chimie physique

La structure des molécules et la conductibilité électrique dans les cristaux liquides. — La conduction électrique dans les cristaux liquides est toujours liée à un transport de masses, c'est-à-dire que cette conduction s'effectue de telle façon que les atomes ou les groupes d'atomes chargés électriquement qui constituent les ions sont obligés, par l'action d'un champ électrique, de se mouvoir à travers le cristal. On peut dissoudre différents électrolytes dans les cristaux liquides et étudier la manière dont ces différents électrolytes s'y meuvent. Cette étude a permis à M. Svedberg[2] d'obtenir des renseignements sur la dyssymétrie géométrique des molécules de l'électrolyte.

Tout d'abord, on reconnaît que la conduction de l'électricité dans les différentes directions du cristal liquide s'effectue d'une manière analogue à la conduction de l'électricité et de la chaleur dans les cristaux solides à un axe. Si l'on se représente une source d'électricité à l'intérieur du cristal liquide, tous les points où l'électricité est parvenue au bout d'un certain temps se trouvent sur la surface d'un ellipsoïde de révolution ayant pour axe de révolution l'axe du cristal liquide.

On obtient les grands cristaux liquides que nécessitent les recherches précédentes en soumettant un liquide cristallin à l'action d'un champ magnétique. Lorsqu'on fait varier l'intensité du champ, le rapport de la conductibilité dans la direction de l'axe à la conductibilité dans une direction perpendiculaire à l'axe varie également. Si l'intensité du champ augmente, ce rapport R croît, d'abord lentement, puis rapidement, puis de nouveau lentement, pour devenir finalement presque constant. Le nombre R varie avec la nature de l'électrolyte; et, au moins dans les champs assez intenses, le quotient des valeurs de R relatives à deux électrolytes est indépendant de l'intensité du champ. La valeur de R décroît à mesure que la température augmente. Or, comme l'orientation provoquée par le champ magnétique croît avec la grosseur des fragments de cristal dont est formé le liquide cristallin, il en résulte que les liquides cristallins ont des grains de plus en plus fins à mesure que la température s'élève, jusqu'à ce que, à une température déterminée pour chaque liquide cristallin pur qu'on appelle le *point de transparence*, ils deviennent subitement isotropes et aient pour grains des molécules.

On a reconnu que les électrolytes donnant des ions monoatomiques fournissent des valeurs de R identiques. Si l'on considère ces nombres comme mesurant la résistance de frottement exercée par le dissolvant contre des ions absolument symétriques, le rapport de la valeur R d'un électrolyte déterminé à celle d'un électrolyte formé d'ions monoatomiques donne une représentation du degré de dyssymétrie géométrique des ions du premier électrolyte... C'est qu'en effet la conductibilité électrique est liée à la résistance de frottement exercée contre le mouvement des ions, résistance qui dépend, dans une large mesure, de la forme géométrique des particules en mouvement.

La mesure des nombres R a déjà permis d'obtenir quelques résultats intéressants. Ainsi, les quotients des valeurs de R relatives aux électrolytes dérivés du naphtalène ou du benzène par la valeur de R d'un électrolyte qui donne des ions monoatomiques sont des nombres très voisins, comme le montrent les exemples suivants :

Dérivés du benzène :	
hydroquinone	0,90
pyrocatéchine	0,88
pyrogallol	0,89
m-nitrophénol	0,89
acide picrique	0,90
trinitrorésorcine	0,89
Dérivés du naphtalène :	
α-naphtol	0,81
acide 2 : 3-naphtoïque	0,81
α-dinitronaphtol-lithium	0,81

On peut conclure de là que les dérivés du benzène et du naphtalène présentent des dyssymétries extrêmement voisines et que ces dyssymétries sont loin d'être négligeables.

Il y a là une indication dont il faut tenir compte dans le choix des formules de constitution. Celles qui conviennent au benzène et au naphtalène doivent présenter une dyssymétrie marquée.

A. B.

§ 3. — Botanique

Nouvelle méthode de détermination de la dureté des bois. — M. G. Janka, professeur à l'Institut d'essais forestiers de Mariabrunn (Autriche), vient de proposer une nouvelle méthode de détermination de la dureté des bois, qui permet, d'après lui, d'établir une classification plus rationnelle que celles qui ont été employées jusqu'à présent.

La dureté est définie par la résistance, exprimée en kilogs, qu'un bois offre à la pénétration d'un bloc de fer hémisphérique, avec section circulaire maximum de 1 cm², jusqu'à cette section, soit jusqu'à une profondeur de 5 mm. 642, et à effectuer sur la section transverse du bois, c'est-à-dire parallèlement à la direction des fibres.

M. Janka établit les degrés de dureté suivants :

			Indice de dureté
1er degré :	bois	très tendres	moins de 350 kg par cm²
2e »	»	tendres	de 351 à 500 » » »
3e »	»	médiocr. durs	de 501 à 650 » » »
4e »	»	durs	de 651 à 1.000 » » »
5e »	»	très durs	de 1.000 à 1.500 » » »
6e »	»	durs osseux	plus de 1.500 » » »

Pour expérimenter les bois au même degré d'humidité, on les a emmagasinés pendant plusieurs années dans un milieu uniformément sec; au bout de ce temps, l'humidité de la majeure partie oscillait dans d'étroites limites, entre 12 et 13 %. Les recherches ont porté sur 286 espèces de bois. Voici comment se répartissent les principales au point de vue de la dureté.

1er degré : pin cembro, épicéa, peuplier noir, tilleul à petites feuilles, pin sylvestre, saule, sapin, pin noir d'Autriche.

1. Brevet amér. 1 135 663 du 13 avril 1915.
2. *Scientia*, octobre 1915.

1. *Mitt. aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs*, fasc. XXXIX (1915).

2e *degré* : cédrel, mélèze européen, aune blanc, bouleau, pin de montagne, sapin de Douglas, genévrier.

3e *degré* : châtaignier, platane, vigne, figuier, orme de montagne, cyprès, coudrier.

4e *degré* : chêne pédonculé, sorbier des oiseleurs, rouvre, pitchpin, noyer, frêne, érable, prunier, charme, myrte, prunellier.

5e *degré* : cornouiller sanguin, olivier, cytise faux ébénier, chêne vert, lilas commun, épine-vinette, buis, bruyère arborescente, bois de fer américain.

6e *degré* : ébénier de Ceylan, québracho coloré, ébénier vert, gaïac, *Phillyrea*.

§ 4. — Ethnologie

La distribution géographique de la pratique de la momification et sa signification. — La momification est une pratique très particulière qu'on retrouve chez un certain nombre de peuples bien déterminés. En Afrique, on l'a constatée tout spécialement chez les anciens Egyptiens, puis en Abyssinie, sur la côte orientale, à Madagascar, au Congo, sur la côte occidentale, aux Canaries et dans l'Afrique du Nord. En Asie, on l'a observée dans les vallées du Tigre et de l'Euphrate, au sud de la Perse, aux Indes, en Indo-Chine, au nord du Japon et dans l'île Sakhaline. En Amérique, elle se retrouve au sud des Etats-Unis, au Mexique, dans l'Amérique centrale et dans la région des Andes jusqu'au Chili. Enfin, en Océanie, la momification a été pratiquée dans plusieurs îles de la Sonde, en Nouvelle-Guinée, dans le nord et le centre de l'Australie, en Nouvelle-Zélande et dans quelques îles de la Polynésie. Seule, l'Europe paraît avoir peu pratiqué ce mode de conservation des corps.

Le professeur G. Elliot Smith, qui a fait une étude très complète de l'art de la momification, vient d'attirer l'attention[1] sur le fait que la distribution géographique de cette pratique coïncide dans ses grandes lignes avec l'aire couverte par toute une série d'autres coutumes, telles que celles de la construction des monuments mégalithiques, de l'adoration du soleil et du serpent, du percement des oreilles, du tatouage, de la circoncision, de la couvade, de la déformation artificielle du crâne, et plusieurs autres encore. Pour quelques-unes de ces coutumes considérées isolément, on constate un certain nombre de vides dans leur répartition, vides causés d'ailleurs plus souvent par la rareté des informations que par une absence réelle; mais dans l'ensemble la répartition est absolument continue.

Or la réunion des coutumes qui précèdent, y compris la momification, n'est pas fortuite, mais forme un complexe de culture bien défini, auquel Brockwell a donné le nom de « culture héliolithique » et qui semble avoir pris naissance en Egypte. Plus de 4.000 ans avant notre ère, les plus anciens Egyptiens connus pratiquaient l'opération de l'incision (prototype de la circoncision) et adoraient le Soleil. 3.000 ans avant J.-C., ils avaient commencé la pratique de l'embaumement des corps, et ils construisaient des tombes, des temples et divers monuments en pierre. Peu à peu, d'autres coutumes s'ajouteront aux précédentes, et vers 900 avant J.-C. l'ensemble de la culture héliolithique paraît avoir été constitué et définitivement conventionnalisé en Egypte. C'est de là qu'elle aurait rayonné dans différentes directions, et toutes les manifestations qu'on en observe aujourd'hui dans le monde proviendraient de cette origine commune.

Fig. 1 — *Carte des régions les plus directement affectées par la culture héliolithique.*
Les flèches indiquent les routes probables de migration des porteurs de cette culture.

D'après M. Elliot Smith, la grande migration du complexe de culture héliolithique aurait commencé peu après l'an 800 avant J.-C. Se dirigeant vers l'Est, elle aurait atteint le golfe Persique, déjà fortement teintée de l'influence de la Syrie et de l'Asie Mineure, et en arrivant aux côtes de l'Inde et de Ceylan, elle aurait été profondément influencée, non seulement par ces accrétions et celles de la Babylonie, mais encore par des modifications provenant de l'Afrique orientale. Ces influences éthiopiennes sont encore plus apparentes en Indonésie.

De l'Indonésie, la culture héliolithique se serait transportée de l'autre côté du Pacifique, soit par les rivages nord, soit à travers les îles, pour atteindre la côte américaine, où elle produisit son fruit dans le développement des grandes civilisations du littoral du Pacifique.

Vers la même époque, la culture héliolithique se serait également répandue de l'Egypte vers l'Ouest, faisant sentir ses effets sur tout le pourtour de la Méditerranée et jusqu'aux Canaries et sur les rivages de l'Atlantique nord.

La carte de la figure 1 représenterait, d'après M. Elliot Smith, la diffusion générale de cette culture dans le monde.

1. *Mem. and Proc. of the Manchester Litterary and Philosoph. Soc.*, t. LIX, part. II, n° x, pp. 1-143; 1915.

L'ARTILLERIE LOURDE DE CAMPAGNE

TROISIÈME PARTIE[1]

IV. — Le mortier Schneider de 11" (279 mm. 4)

Ce matériel ne tire plus sur roues comme les précédents. Sa mise en batterie exige l'installation d'une plate-forme sur laquelle s'édifie l'affût.

Mais, malgré cette sujétion, qui se justifie pour des pièces d'un pareil calibre, il conserve encore une grande rapidité d'entrée en action ou de retrait de la ligne de feu.

Grâce, en effet, à l'organisation de ses divers ensembles séparables et aux dispositions prises pour leur réajustement, après l'arrivée sur le terrain la mise en batterie nécessite à peine 40 minutes, à l'expiration desquelles le matériel est disposé pour le premier coup. C'est un résultat remarquable pour un engin de cette puissance.

Pourvu également d'une grande mobilité, il peut vivement être éloigné ou être mis en action sur un nouvel emplacement, car son organisation lui assure son transport en 4 voitures dont le poids varie entre 4.000 et 5.000 kg. que l'on peut aujourd'hui aisément accepter par l'emploi de tracteurs automobiles, qui, toutefois, ne s'imposent pas ici absolument, la traction par chevaux étant encore possible.

La rapidité du tir de ce mortier peut atteindre un coup toutes les deux minutes. Il peut lancer un projectile de 345 kg à une distance de 6.200 m.

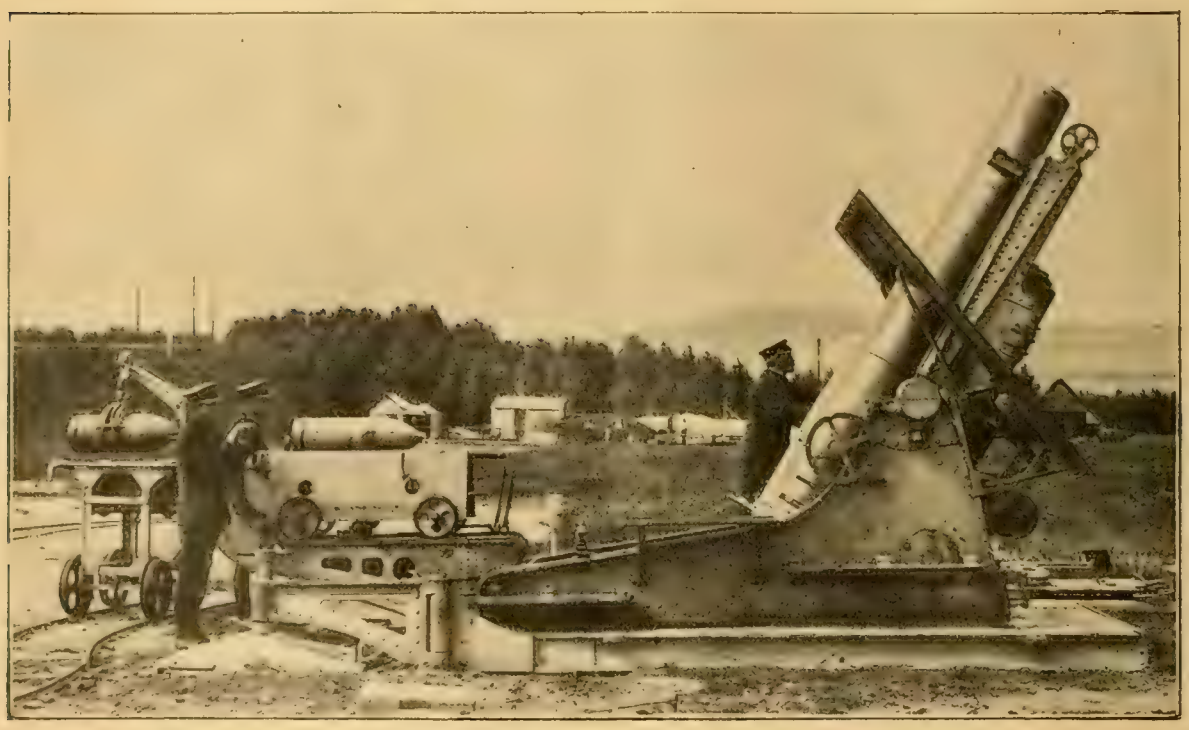


Fig. 1. — *Mortier Schneider de 11" en batterie.*

Ce mortier possède une puissance considérable, jointe, comme on l'a vu, à une mobilité très grande, et constitue l'appoint d'une artillerie lourde de campagne particulièrement approprié à la réduction d'ouvrages tels que ceux que nos adversaires nous opposent aujourd'hui.

Organiquement, il se compose d'une bouche à feu reliée à un traineau reculant reposant sur un berceau. Ce berceau oscille, pour le pointage en hauteur, autour d'un axe-tourillons que porte un châssis-affût pouvant à son tour pivoter, pour le pointage latéral, autour d'un axe vertical appartenant à la plate-forme.

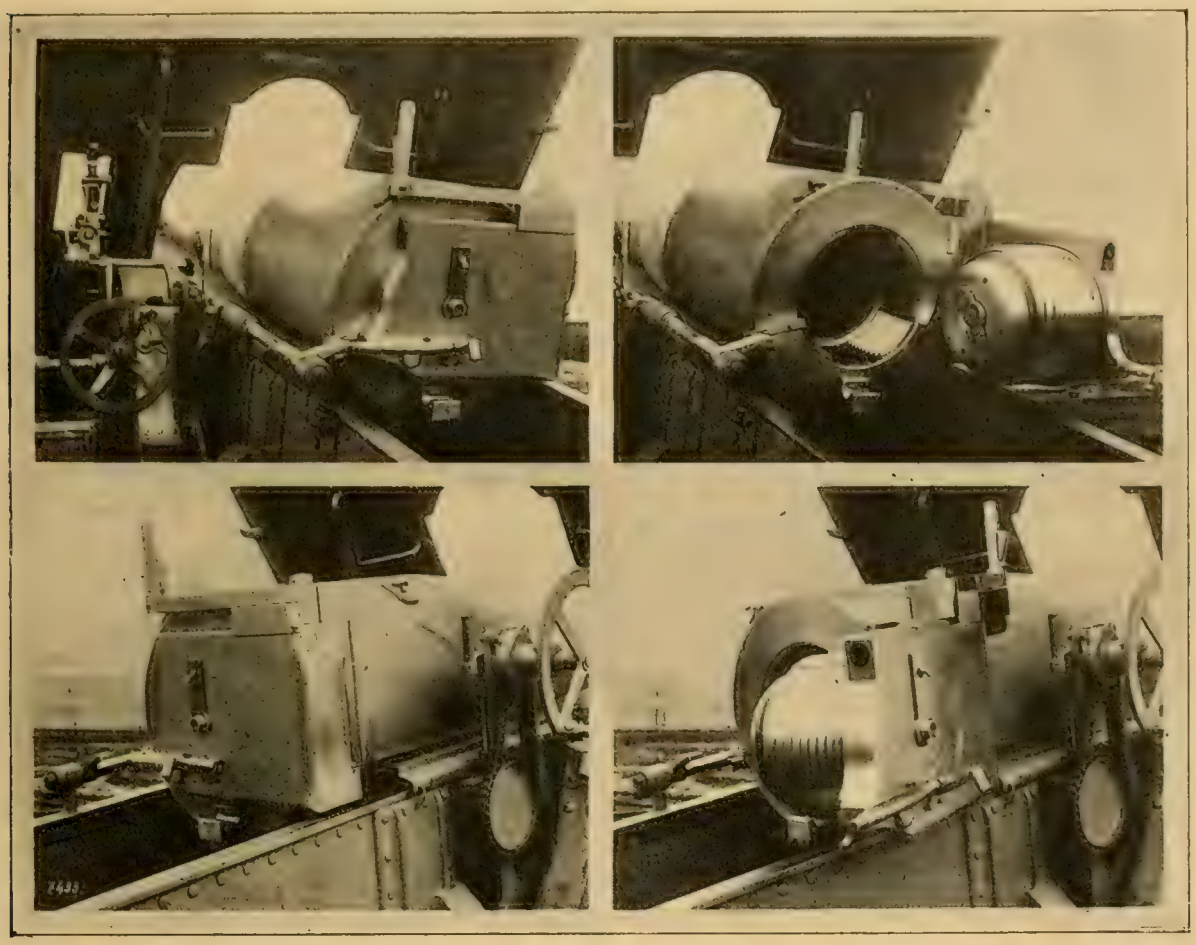
Nous allons, aussi brièvement qu'il nous sera possible, décrire ce matériel en signalant les dispositifs déjà connus que nous ne ferons qu'énumérer.

1. Voir la deuxième partie dans la *Revue gén. des Sciences* du 15 janvier 1916, t. XXVII, pp. 6-17.

§ 1. — Bouche à feu

La bouche a feu est formée d'un tube rayé de 88 rayures à pas constant inclinées de 8°55 vers la droite. Le tracé intérieur ne diffère de celui des bouches à feu précédemment décrites que par la chambre de chargement prévue pour l'emploi de gargousses, et d'un écrou de culasse concentrique. Ce tube est fretté à l'avant par un manchon de volée fixé par un épaulement et des adents. Ce manchon porte un agrafage au traîneau, des bossages pour la fixation de l'essieu et du frein de roues à la formation de route et les logements des galets de démontage. A l'arrière, le tube est renforcé par un manchon de culasse vissé et épaulé, portant extérieurement des agrafes de liaison verticale et de guidage de liaison longitudinale au traîneau. Il porte enfin la mortaise en T pour fixation de la fausse flèche, et reçoit les oreilles du nœud de charnière du mécanisme de la culasse.

Le mécanisme de la culasse est du système Schneider à vis et obturateur plastique, et ses parties essentielles sont : la vis culasse, la tête mobile et son écrou, l'obturateur plastique, le volet et son axe de charnière, le levier de manœuvre et son axe, la crémaillère, le dispositif de mise de feu et le dispositif d'extraction de l'étoupille (fig. 2 à 4).



CULASSE FERMÉE CULASSE OUVERTE

Fig. 2. — *Culasse Schneider à vis et obturateur plastique.*

La *vis culasse* 1 est concentrique à l'axe de la bouche à feu. Le bloc cylindrique qui la constitue présente, pour correspondre à ceux de l'écrou de culasse, 4 secteurs lisses et 4 secteurs filetés, sur lesquels sont prises les mêmes dispositions que précédemment pour que la sortie de la vis ne comporte que des mouvements de rotation sans translation suivant l'axe. La vis culasse est portée par un bossoir central A 2 du volet sur lequel elle se visse. Elle est évidée suivant son axe pour permettre le passage de la tige de tête mobile sur laquelle elle peut tourner à frottement doux. Sa tranche arrière porte à la partie

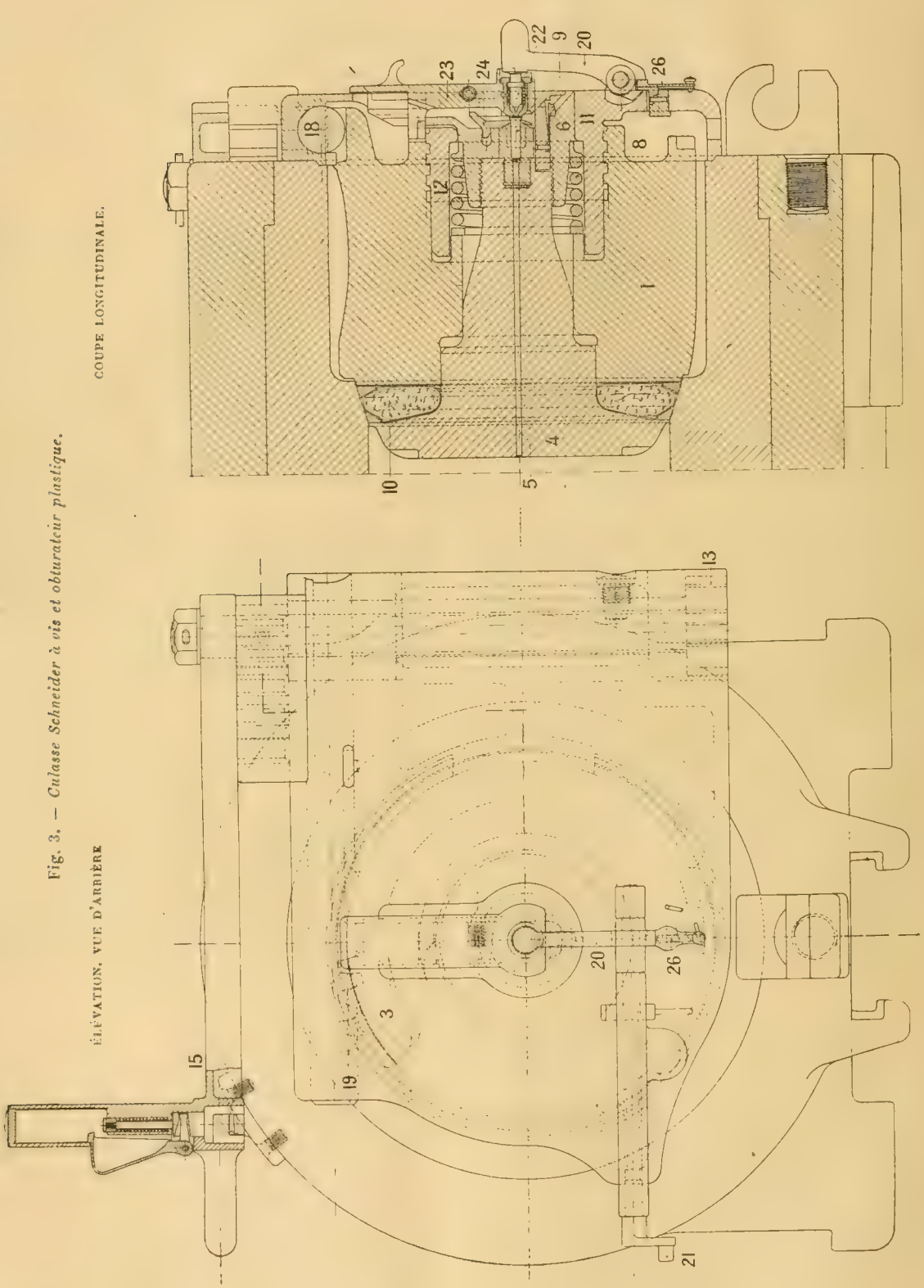


Fig. 3. — *Culasse Schneider à vis et obturateur plastique.*

supérieure une denture 3 engrenant avec celle de la crémaillère, et à sa partie inférieure gauche, l'encoche d'engagement d'un verrou à ressort 7.

La *tête mobile* 4 affecte la forme d'un champignon, dont la tige, traversant la vis culasse, est percée suivant l'axe d'un canal de lumière 5. La tige est vissée dans un écrou 6 qui porte à l'arrière une encoche verticale où coulisse le verrou de mise de feu. Entre le fond avant du logement de la tige de la tête mobile dans la vis culasse et l'écrou est fixé un fort ressort à boudin qui assure le contact permanent de la face arrière de la tête mobile, de l'obturateur et de la face avant de la vis culasse. Dans l'arrière de la tige de la tête mobile est vissé le grain de lumière dans lequel se place l'étoupille 9.

L'*obturateur plastique* 10 est emprisonné entre la tranche avant de la vis culasse et l'arrière du chapeau de tête mobile. Il est constitué par une galette d'amiante et de suif de mouton fortement comprimée dans une toile pour former joint hermétique sous la pression des gaz. Entre l'obturateur et la vis est interposée une rondelle métallique facilitant la rotation de la vis.

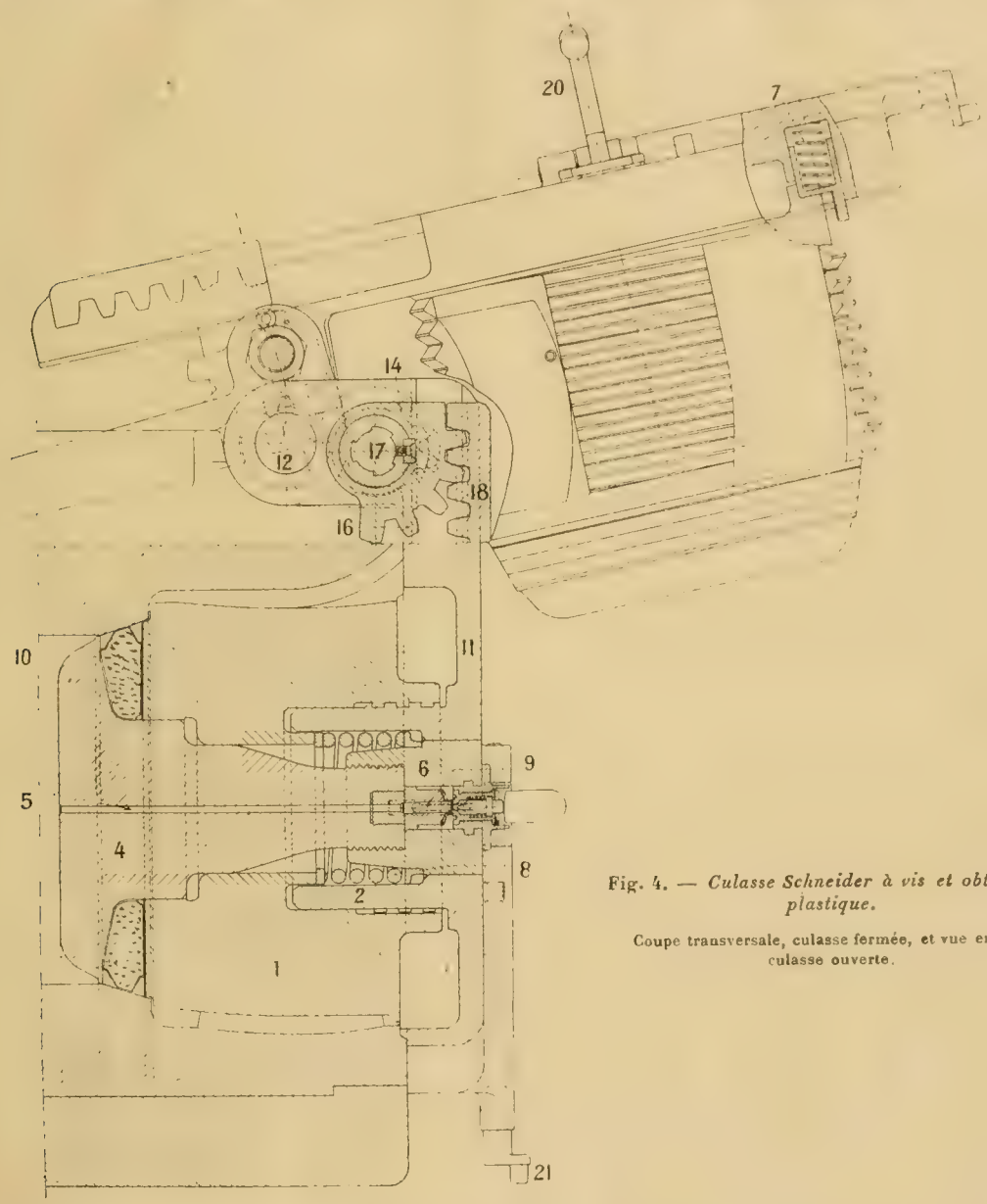


Fig. 4. — *Culasse Schneider à vis et obturateur plastique.*

Coupe transversale, culasse fermée, et vue en plan, culasse ouverte.

Le *volet* 11 supporte à l'ouverture le mécanisme de culasse. Il est lui-même maintenu entre les oreilles du mortier par l'axe de charnière qui le traverse. Le volet est constitué par un grand plateau portant à droite un talon portant les œils de charnière du mécanisme de culasse et du levier de manœuvre, au centre un fort bossage évidé pour loger l'écrou 6 de la tête

mobile. Sur la face extérieure de ce bossage, est taillé un filetage à filets interrompus au même pas que ceux de la vis culasse et destiné au portage de cette dernière à l'ouverture. La face arrière du plateau, qui loge le verrou 7 de la vis culasse, porte l'axe du marteau, le verrou du marteau et une mortaise verticale dans laquelle s'engage l'arrière de l'écrou de la tête mobile.

L'axe de charnière 12 du volet constitue l'axe de rotation de tout le mécanisme de culasse. Il traverse les œils de charnière du mortier et du volet et porte à sa partie inférieure un secteur denté 13 correspondant à un autre secteur denté 14 appartenant à l'axe du levier de manœuvre.

Le *levier de manœuvre* 15 comporte une branche horizontale terminée à gauche par une poignée de manœuvre renfermant un verrou d'accrochage sur le mortier à la position d'ouverture et de fermeture. Le levier est enfin claveté sur un axe vertical 7 traversant le volet; sur cet axe est fixé : à la partie supérieure, un secteur denté 16 d'entraînement de la crémaillère; à sa partie inférieure, un satellite 14 du secteur 13 de l'axe de charnière du volet.

La *crémaillère* 18 peut coulisser dans son logement de la partie supérieure du volet. Elle est armée à sa partie inférieure gauche d'une denture 19 engrenant avec la denture arrière 3 de la vis culasse et, à sa partie supérieure droite, d'une autre denture attaquée par le secteur d'entraînement 16 du levier de manœuvre.

Le *dispositif de mise de feu* comprend un marteau, un percuteur.

Le *marteau* 20 est monté sur un axe porté par l'arrière du volet. L'extrémité gauche de cet axe, qui peut être immobilisé par un verrou de route 26, est terminée par un bouton 21 qui reçoit l'action de la commande de mise de feu disposée sur le berceau.

Le *percuteur* 22, constitué à l'avant par une pointe percutante, à l'arrière par une enclume, est armé d'un ressort à boudin de rappel vers l'arrière. Il est logé dans un verrou grain vissé dans le verrou 23, à coulissement vertical dans l'encoche de la tête arrière de l'écrou de tête mobile. Ce verrou porte un doigt de relevage et renferme un taquet d'arrêt à ressort. Le dispositif de mise de feu est complété par un extracteur d'étoupille.

L'extracteur d'étoupille 24 est formé par une petite fourche qui embrasse le bourrelet de l'étoupille. Cette fourche est munie d'un talon d'oscillation engagé dans un logement du verrou et d'une queue sur laquelle agit une saillie de ce même verrou.

Le mécanisme de culasse à vis et obturateur plastique, comme ceux déjà étudiés, est accompagné de plusieurs sécurités de service que nous énumérons :

1° *Sécurité contre le dévirage de la culasse au départ du coup*, obtenue par le verrouillage du levier de manœuvre sur le volet. Elle nous est connue.

2° *Sécurité contre toute mise de feu prématurée avant fermeture complète de la culasse*, réalisée par un talon du verrou du dispositif de mise de feu qui, s'appuyant sur une portée concentrique arrière de la vis culasse, ne peut descendre au fond d'une encoche de la même vis (raccordée par une rampe avec la portée concentrique) que lorsque le virage de la vis est achevé. Ainsi le marteau ne se trouve en face de l'étoupille qu'à l'instant où la fermeture complète est obtenue.

3° *Sécurité de route*, réalisée par un verrou 26 d'immobilisation de l'arbre du marteau comportant deux positions, l'une de tir, l'autre de route.

Certains spécimens de ce matériel possèdent une sécurité contre les longs feux, tantôt du type étudié à l'occasion du canon de 42^{m}, tantôt du modèle rencontré sur l'obusier de 8". Cette sécurité est d'ailleurs d'une utilité très contestable sur une pièce où la cadence du tir ne peut laisser à aucun moment de doute sur le départ effectif du coup.

Fonctionnement du mécanisme de culasse. — Nous admettrons être à l'instant qui suit immédiatement le départ du coup.

Ouverture de la culasse. Le servant de culasse, en s'emparant de la poignée du levier de manœuvre, appuie en même temps sur la commande du verrou d'accrochage et libère de cette façon le levier qui était jusque là verrrouillé sur le volet. En attirant ensuite vivement à lui le levier, l'ouverture de la culasse se fait d'un seul mouvement de rotation de gauche à droite et est terminée lorsque le levier de manœuvre abandonné s'accroche sur l'obusier.

Dès le début de la rotation du levier, le secteur denté du levier de manœuvre, qui engrène avec la crémaillère, fait coulisser cette dernière dans son logement. Pendant ce coulissement, la deuxième denture de la crémaillère attaque celle de la vis culasse, ce qui provoque le dévirage de cette dernière. La rotation de la vis entraîne le soulèvement du verrou de mise de feu, dont le talon remonte la rampe de son logement et s'appuie ensuite sur la portée concentrique de la vis. Au moment où s'achève le dévirage de 1/8 de tour, qui a dégagé les filets de la vis de ceux de son écrou, le secteur satellite de l'axe du levier de

manœuvre a commencé à attaquer le secteur correspondant de l'axe de charnière du volet. Le levier de manœuvre poursuivant sa course, son axe est donc entraîné autour de l'axe de charnière du volet. Le volet lui-même, qui porte l'axe du levier de manœuvre, est obligé à son tour de tourner autour de la même charnière. Dès que s'amorce le décollement du volet de la tranche arrière de l'obusier, le verrou à ressort de la vis rebondit au fond de son logement et, pénétrant dans son encoche, arrête le dévirage de la vis, immobilisant du même coup la crémaillère. Tout le mécanisme faisant bloc à partir de ce moment, la vis commence à sortir de son écrou. Enfin le système volet-vis continue sa rotation autour de l'axe de charnière du mécanisme de culasse pendant le temps que le levier de manœuvre, tournant également autour de son axe, vient finalement s'accrocher sur le mortier. L'ouverture est alors terminée.

Ejection de l'étoupille. La culasse étant ouverte, le relèvement du verrou de mise de feu est terminé à la main en agissant sur le doigt dont il est muni. Pendant ce mouvement ascensionnel, la queue de l'extracteur, attaquée par la rampe du verrou de mise de feu, fait basculer l'extracteur autour de son talon engagé dans l'écrou de tête mobile et provoque l'expulsion de l'étoupille.

Mise en place de l'étoupille. L'étoupille éjectée est remplacée par une étoupille neuve ; le servant fait ensuite retomber le verrou à la main jusqu'à ce qu'il bute sur la portée concentrique de la vis culasse.

Chargement. La mise en place du projectile et de la gargousse s'exécute à l'aide d'un dispositif spécial, indépendant du mécanisme de culasse, que nous rencontrerons plus loin.

Fermeture de la culasse. Pour fermer la culasse, le servant imprime au levier de manœuvre, en un seul temps, un mouvement inverse de celui qui a produit l'ouverture. Le décrochage du levier sur le mortier est obtenu automatiquement, quand le servant, de la main droite, s'empare de la poignée, appuie sur la commande du verrou et tire vivement à lui. La rotation du mécanisme de culasse peut alors s'exécuter autour de l'axe de charnière du volet, dans les mêmes conditions et par les mêmes intermédiaires qu'à l'ouverture. La vis pénètre donc dans son écrou et, lorsque le volet arrive enfin au contact de la tranche arrière du mortier, le verrou de la vis culasse, refoulé dans son logement, redonne à cette dernière sa liberté de virage. Aussi attaquée par sa denture arrière, qui engrène avec la crémaillère conduite elle-même par le secteur denté de l'axe du levier de manœuvre, la vis culasse se visse dans l'écrou. Le mouvement est terminé après 1/8e de tour. Pendant cette rotation de la vis, le talon du verrou de mise de feu a glissé sur la portée concentrique arrière de la vis, puis a descendu la rampe qui lui fait suite et enfin est tombé au fond de son encoche. A ce moment seulement, c'est-à-dire quand la fermeture de la culasse est complète, le percuteur que porte le verrou se présente devant l'étoupille et toute possibilité de mise de feu prématurée est de cette façon écartée. Le levier de manœuvre, enfin abandonné par le servant, s'accroche automatiquement sur le volet, interdisant dès lors tout dévirage intempestif. La période de fermeture est close.

Mise de feu. Pour mettre le feu, le servant agit sur la commande de mise de feu, portée, comme on l'a déjà vu sur d'autres matériels, par le berceau. Le choc du doigt de la commande sur le bouton de l'arbre du marteau fait tourner cet arbre et la tête du marteau vient frapper le percuteur, puis celui-ci l'étoupille. L'inflammation de cette dernière se transmet enfin à la gargousse par le canal de lumière et donne lieu au départ du coup.

§ 2. — Traîneau, berceau, etc.

Le traîneau est relié à la bouche à feu à l'avant et à l'arrière par un emmanchement à coulisse, vers l'arrière par deux coins actionnés par une vis qui assure une solidarité complète des deux pièces. Ce traîneau n'est qu'une amplification de ceux déjà décrits.

Il abrite deux freins avec modérateur de rentrée en batterie, l'un placé à droite, l'autre à gauche, et un récupérateur placé entre eux deux. Ces organes sont semblables à ceux des matériels précédents.

Le berceau est toujours formé par une tôle de qualité spéciale emboutie en U.

Au fond et à l'arrière, sont rapportés deux rails pour le chariot de chargement. La tôle du berceau est renforcée par six entretoises en acier forgé.

L'entretoise arrière porte un bossage destiné à l'accrochage de la masse oscillante à la position de chargement, une glissière recevant la fausse flèche pour la formation de voiture.

L'entretoise de pointage, placée entre l'arrière et les tourillons, sert à l'appui du berceau sur les secteurs de pointage en hauteur.

L'entretoise tourillons porte les tourillons et, à la partie inférieure, le crochet de fixation du câble pour le montage ou le démontage du berceau.

L'entretoise pour le montage de l'essieu possède des saillies entre lesquelles vient s'encastrer l'essieu de la voiture mortier.

L'entretoise d'attache des tiges de piston de frein et de récupérateur est tenue sur le berceau au moyen de deux verrous et deux glissières rivées sur l'avant du berceau. Cette entretoise peut coulisser sur les glissières et son déplacement est commandé par une vis munie d'une manivelle démontable.

talon de la poignée de manœuvre lorsque sa partie inférieure n'est pas retenue par le verrou des secteurs de pointage, c'est-à-dire lorsque l'on a déverrouillé pour actionner le mécanisme de relevage à la position de chargement. Le levier est constamment sollicité vers sa position d'enclanchement de la commande de mise de feu par un poussoir à ressort.

Le mécanisme de relevage de la masse oscillante a la position de chargement ne diffère

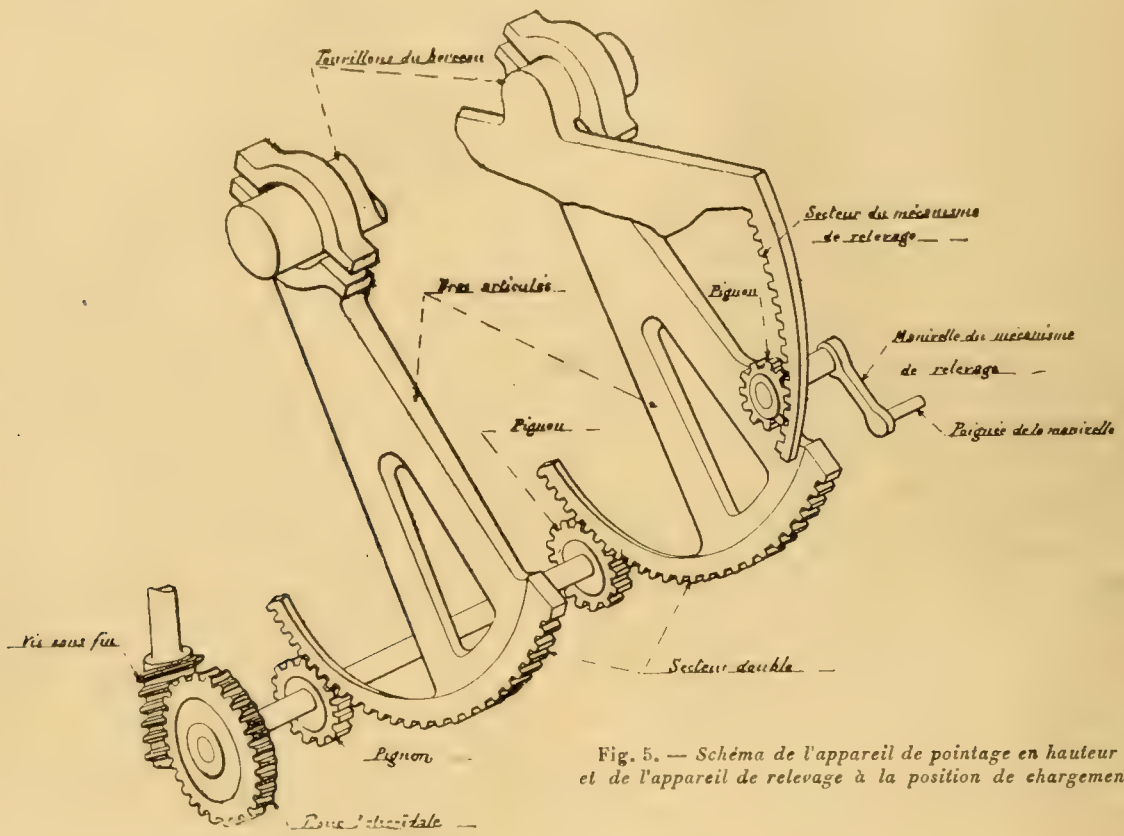


Fig. 5. — *Schéma de l'appareil de pointage en hauteur et de l'appareil de relevage à la position de chargement.*

L'entretoise avant est échancrée pour le passage du mortier ; elle est munie de deux agrafes où se fixe le support de la poulie de renvoi du câble de démontage.

La commande de mise de feu, placée à gauche du berceau, est fixée par un support sur l'entretoise de pointage du berceau. Elle se compose d'une tringle de mise de feu avec ressort de rappel sur laquelle est monté à l'arrière un butoir de choc de l'arbre du marteau et à l'avant la poignée de commande.

La commande de mise de feu comporte une sécurité empêchant la mise de feu lorsque le berceau ne repose pas sur les secteurs de pointage. Cette sécurité est formée par un levier oscillant autour d'un axe fixé au berceau. L'extrémité supérieure du levier vient se placer devant le

pas, dans son principe, de celui étudié sur l'obusier du 8". La position de chargement fait l'angle de 10° avec l'horizontale, mais le matériel ne tire pratiquement qu'à partir de 20° environ.

Le mécanisme de pointage en hauteur (fig. 5) comprend deux secteurs dentés portés par deux bras articulés autour des tourillons et une commande des secteurs. Les deux secteurs supportent, comme on le sait, le berceau sur lequel ils sont verrouillés. Ils sont reliés par une entretoise qui porte un verrou qui peut occuper deux positions, dans l'une desquelles les secteurs de pointage sont reliés au berceau à la position de route.

La commande des secteurs est obtenue en activant un volant placé à gauche. L'axe de ce volant porte un pignon conique attaquant un deuxième

pignon monté sur un arbre sur le prolongement duquel est clavetée une vis globique. La vis globique est en prise avec une roue hélicoïdale qui transmet son mouvement, par l'intermédiaire d'une friction, à un arbre portant les pignons engrenant avec les secteurs.

§ 3. — Affût, plate-forme et appareil de chargement, etc.

L'affut ou chassis se compose de deux flasques verticaux parallèles, en tôle d'acier, sur les bords rabattus desquels sont rivées des tôles de dessus et de dessous évidées, pour le passage de la masse reculante. Les flasques sont reliés par une tôle d'avant également évidée pour le passage du berceau.

A la partie inférieure avant du châssis, une charpente en tôle et profilés forme support du pivot de l'affût. Sur la tôle avant sont fixés les treuils de manœuvre pour la mise en batterie et la formation de route, les supports d'essieu de voiture, les coulisseaux destinés à recevoir soit le masque, soit les glissières à galets pour les manœuvres de formation de la voiture berceau.

L'arrière de l'affût, entretoisé par une tôle et des cornières, porte les agrafes articulées s'opposant au soulèvement de l'affût, le support de verrouillage de la fausse flèche et les supports des galets de roulement du pointage latéral.

Sur le flasque de droite, vers l'arrière, est rivé le support du verrou du berceau à la position de chargement. Les flasques supportent, à leur partie supérieure, par l'intermédiaire de sous-bandes, les tourillons du berceau. Ils portent enfin les divers carters qui protègent les engrenages des pointages en hauteur et en direction, les supports des coussinets articulés, destinés à servir d'appui à la tête des vérins. Sur les flasques sont, en outre, montées à charnière les plates-formes des servants.

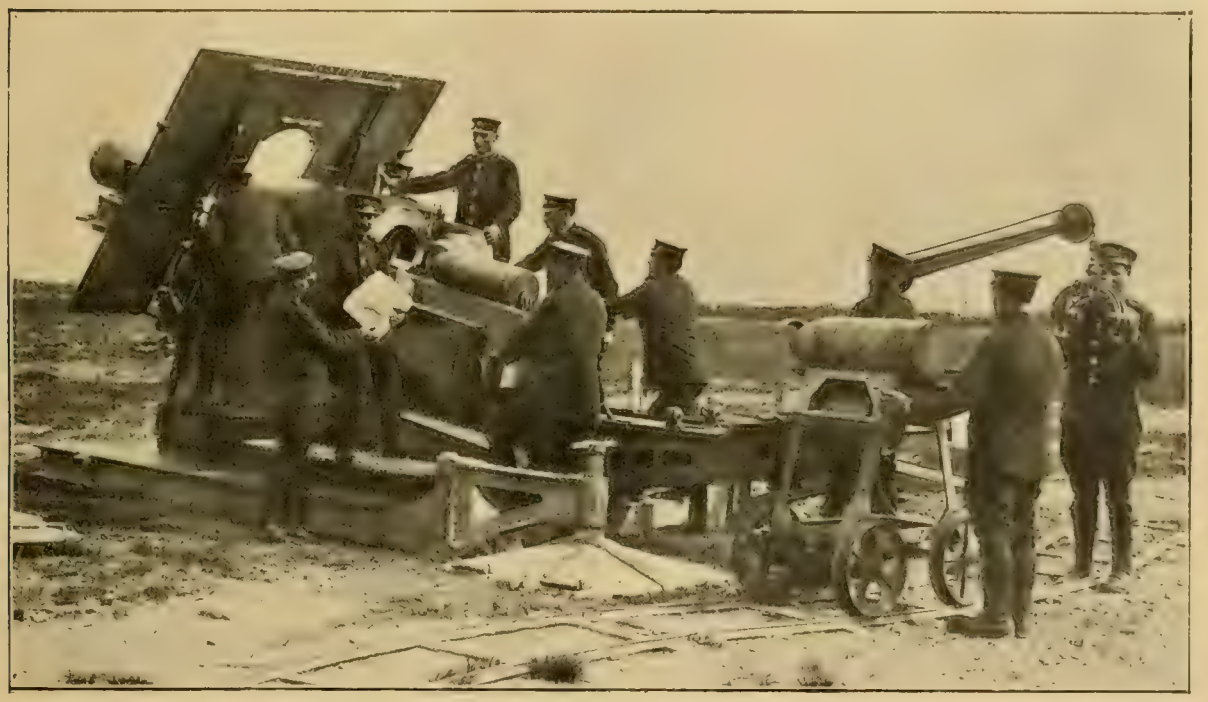


Fig. 6. — *Mortier Schneider de 11" à la position de chargement.*

Le châssis repose sur la plate-forme par les galets du pointage latéral et un pivot avant.

Le pivot est constitué de deux parties, l'une solidaire de l'affût, l'autre de la plate-forme. Sur l'affût est rivée la couronne du pivot, sur laquelle est vissé un bouchon qui prend appui sur le chemin de roulement supérieur. Sur la plate-forme, une embase reçoit une douille où se logent des rondelles Belleville sur lesquelles est disposé le chemin de roulement inférieur. Entre les deux chemins de roulement, sont placés des galets maintenus dans leur position relative par deux cercles. Sur la partie extérieure du pivot plate-forme, est emmanchée à force une douille en bronze sur laquelle vient porter la couronne de pivot-affût. Tout cet ensemble est traversé par un fort boulon dont la tête est maintenue par l'embase du pivot plate-forme et dont l'écrou porte sur le bouchon de la couronne du

pivot-affût, s'opposant ainsi au soulèvement de l'affût.

La PLATE-FORME.— L'affût repose sur une plate-forme constituée par une tôle de dessus et une tôle de dessous reliées entre elles par des profilés longitudinaux et transversaux et des cornières d'assemblages.

Sur le dessous de la plate-forme est fixé un coffre en tôle et cornières, ouvert à sa partie supérieure pour permettre le recul au tir sous de grands angles. Une large bêche relie l'arrière du coffre et le dessous de la plate-forme pour s'opposer au recul de l'ensemble lorsque le coffre et la bêche sont disposés en terre dans une fosse creusée à cet effet au moment de la mise en batterie. A l'arrière de la tôle de dessous est fixé le circulaire agrafe qui s'oppose au soulèvement de l'affût pendant le tir et sert aussi de chemin de roulement aux galets arrière pendant le pointage latéral. Sur la tôle de dessus est enfin fixé le secteur du pointage latéral. A l'arrière de la plate-forme viennent se fixer deux volets, mobiles, chacun autour d'une charnière verticale et qui peuvent prendre appui au moyen d'une vis sur des billots de calage reposant sur le sol.

L'APPAREIL DE CHARGEMENT se compose d'un support de chariot, d'un chariot, de l'appareil de refoulement et d'une potence à treuil (fig. 6 et 7).

Le *support du chariot* est porté par la queue d'affût au moyen de deux tourillons engagés dans des agrafes de l'affût. Le tourillon inférieur est terminé à chaque extrémité par un axe à robinet. Le support est constitué par des tôles latérales assemblées, par des tôles de dessus et de dessous et des entretoises. Sur la tôle de dessus sont rivés les rails de roulement du chariot. Les rails du support se relient avec ceux fixés au fond du berceau par des rails de raccord portés par une articulation à leviers.

Le *chariot* en tôlerie repose sur deux essieux montés sur des galets. A sa partie supérieure est fixée une plaque en laiton sur laquelle glisse le projectile. Cette plaque pénètre à l'intérieur du mortier placé à la position de chargement, pour permettre le refoulement du projectile dans la chambre sans qu'il porte sur les filets de l'écrou de culasse. Sur la tôle avant du chariot est rivée la boite de tampon de choc et du verrou de fixation de l'appareil de refoulement sur le mortier. Ce verrou est commandé au moyen d'une poignée de manœuvre par l'intermédiaire de leviers.

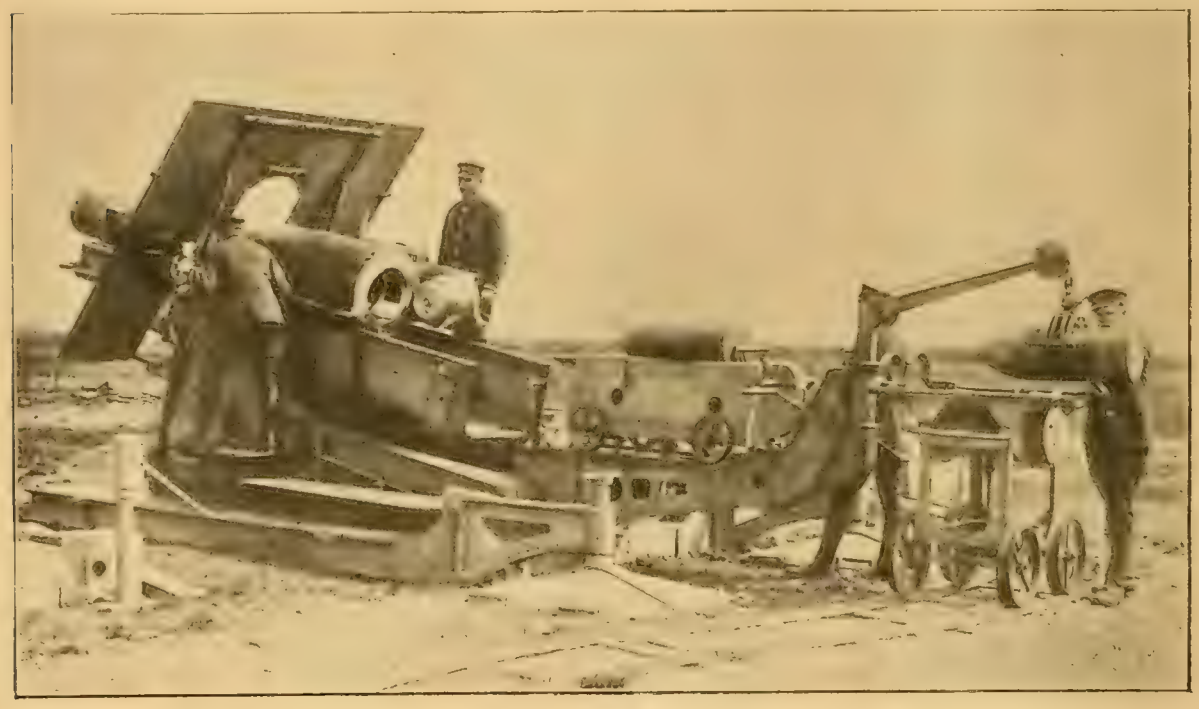


Fig. 7. — *Mortier Schneider de 11" à la position de chargement.*

L'*appareil de refoulement* est formé par une chaîne Galle renfermée dans une gaine, formée par des tôles du chariot. Elle est terminée en bout par une tête refouloir et est organisée de manière à conserver de la rigidité lors du refoulement du projectile. La noix de chaîne Galle est placée à l'arrière du chariot et montée sur un arbre à manivelles.

La *potence à treuil* est portée par un bâti à

l'arrière du support du chariot, sur lequel il est verrouillé par un accrochage à robinet. La potence, en acier forgé, repose sur une butée à billes et est guidée dans sa rotation par deux roulements inférieur et supérieur également à billes. Elle est évidée dans sa partie verticale pour le passage du câble et porte deux poulies de renvoi. Le treuil fixé sur l'arrière du bâti est formé d'un tambour qui reçoit son mouvement d'une manivelle et d'un train d'engrenages. A l'extrémité du câble est accrochée la lanterne à projectiles.

Manœuvre de chargement. Pour charger le mortier, le berceau étant préalablement mis à la position de chargement, et le projectile ayant été déjà placé sur le chariot à l'aide de la potence à treuil, on déverrouille le chariot, immobilisé jusque-là, en appuyant sur une pédale. Les servants le poussent alors en avant. La butée de l'essieu avant, par l'intermédiaire de bielles et de leviers, rabat les rails de raccord. Le chariot passe et se verrouille sur le mortier. Le projectile est ensuite mis en place, par le refouloir actionné par des manivelles, et le chariot libéré en appuyant sur le levier de déverrouillage. Ramené vers l'arrière, il fait relever les rails de raccord et se verrouille de nouveau sur le support de chariot.

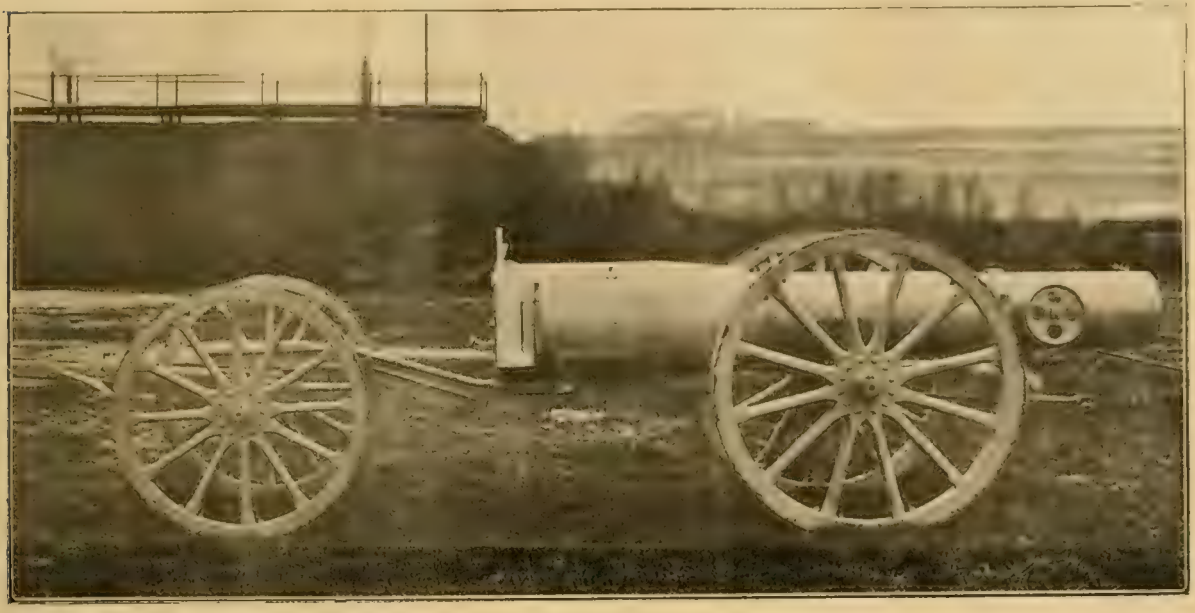


Fig. 8. — *Mortier Schneider de 11" (voiture mortier).*

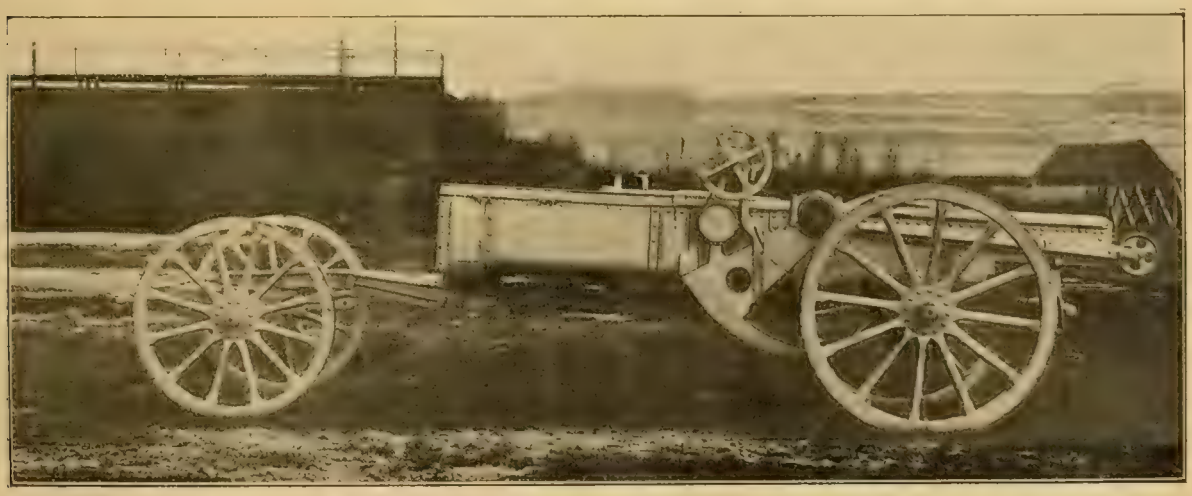


Fig. 9. — *Mortier Schneider de 11" (voiture berceau).*

Le MÉCANISME DE POINTAGE EN DIRECTION comprend un secteur denté boulonné sur la plate-forme et une attaque de ce secteur installé sur l'affût. Cette attaque du secteur est commandée par un volant placé à gauche et l'intermédiaire de pignons ; un arbre, disposé le long du flasque gauche de l'affût, transmet le mouvement du volant à une vis globique. Celle-ci engrène à son tour avec une roue hélicoïdale, clavetée sur l'axe du pignon d'attaque du secteur denté de pointage. Ce système de commande est irréversible et des carters protègent les engrenages.

L'APPAREIL DE VISÉE, du système Schneider, a goniomètres et à lunette panoramique, est identique à celui étudié sur l'obusier de 8″. Nous n'avons pas à y revenir.

Le MASQUE est fixé d'une façon amovible sur l'avant de l'affût par quatre supports. Il est formé de deux parties réunies par des traverses mobiles. Il est percé d'une grande ouverture pour la masse oscillante et d'une fenêtre de visée fermée par deux volets.

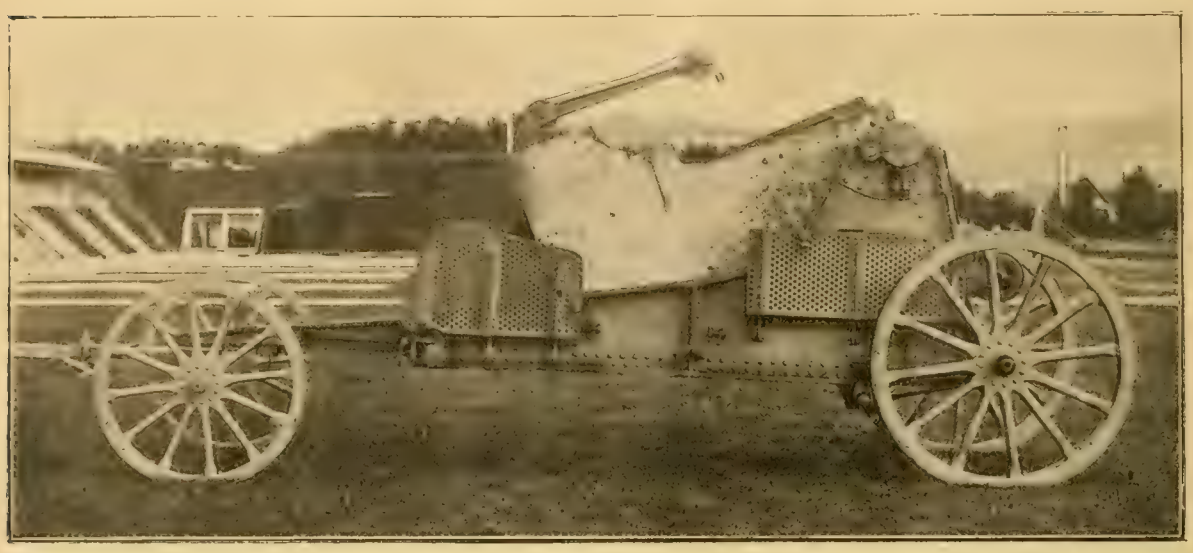


Fig. 10. — *Mortier Schneider de 11″ (voiture-affût).*

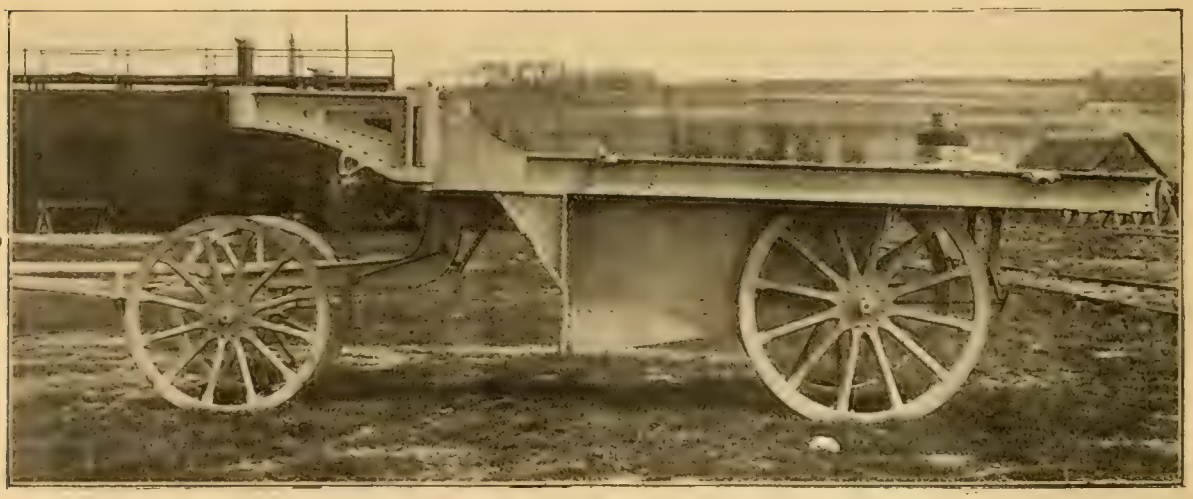


Fig. 11. — *Mortier Schneider de 11″ (voiture-plate-forme).*

§ 4. — Formation de route

Ce matériel est organisé pour être facilement décomposé en éléments transportables sur roues et rapidement et aisément réajustables.

Chaque groupe principal d'élément forme une voiture se composant d'un avant-train et d'un arrière-train. Ce dernier est constitué par la partie à transporter, montée sur un essieu et

deux roues. L'avant-train comprend le châssis portant la cheville ouvrière et le contre-appui, l'essieu, les roues, le timon. L'arrière-train et l'avant-train d'une même voiture sont réunis par une fausse flèche.

Les voitures constitutives du train de route sont au nombre de quatre : la voiture-mortier, la voiture-berceau, la voiture-affût et la voiture-plate-forme (fig. 8 à 11).

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail des manœuvres de formation des voitures ou de mise en position de tir. Nous ne pouvons que répéter que, très simples, elles nécessitent seulement 40 minutes environ.

L'installation complète de la batterie comporte encore, pour l'approvisionnement des pièces en munitions, l'établissement d'une petite voie Decauville, formant en principe un circuit continu passant devant les dépôts de munitions. Sur cette voie circulent, sans croisements ni rebroussements, plusieurs wagonnets portant chacun deux charges complètes qu'ils amènent sous la potence de chargement.

RENSEIGNEMENTS NUMÉRIQUES
sur le mortier Schneider de 11^c

DONNÉES GÉNÉRALES

Calibre	en mm.		279.4		
Poids du projectile	en kg.		345		
Vitesses initiales	en m.	192	215	237	260
Portées maxima à l'angle de 44°	en m.	3.500	4.400	5.300	6.200

BOUCHE A FEU

Puissance vive max. à la bouche	en tm.	1.436
Rendement par kg. de la bouche à feu	en kg.	365
— de la pièce en batterie	—	97
Longueur totale	en mm.	3.353
	en cal.	12
Nombre de rayures		88

AFFUT

Hauteur de la ligne de feu		mm.	1.860
Amplitude du pointage	en hauteur	en deg. sex.	+ 10° à + 60°
	en direction	à gauche	10
		à droite	10

POIDS

Du mortier sans fermeture	kg.	3.659	
De la fermeture de culasse	—	277	
Du traîneau (partie reculante)	—	1.728	
De la partie reculante	—	5.664	
Du berceau complet et partie non reculante du traîneau	—	2.146	
De la partie oscillante	—		7.810
De l'affût	—	2.710	
Du masque	—	243	
De la plate-forme	—	4.153	
			7.106
Poids total de la pièce en batterie	—		14.916

Voitures

Bouche à feu	kg.	3.936	
Essieu, roues, frein, fausse flèche	—	628	
Arrière-train	—	4.564	
Avant-train	—	352	
Poids total de la voiture-mortier	—		4.916
Traîneau, berceau, secteurs de pointage	—	3.874	
Essieu, roues, frein, fausse flèche et accessoires	—	604	
Arrière-train	—	4.478	
Avant-train	—	352	
Poids de la voiture-berceau	—		4.830
Affût, masque, appareil de refoulement	—	2.953	
Essieu, roues, frein, treuil et accessoires	—	655	
Arrière-train	—	3.608	
Avant-train	—	352	
Poids de la voiture-affût	—		3.960
Plate-forme	—	4.153	
Essieu, roues, frein, fausse flèche	—	585	
Arrière-train	—	4.738	
Avant-train	—	352	
Poids de la voiture-plate-forme	—		5.090

P.-S. — Les agrès, outillages, accessoires divers, sont portés par un chariot de parc (5e voiture) dont le poids, en ordre de route, est de 4.950 kgs.

C^t X.

LA QUESTION DES GLACES DANS LES INSTALLATIONS HYDRAULIQUES

La question des glaces flottantes est encore peu étudiée, quoique son importance au point de vue des usines hydrauliques soit incontestable, surtout dans des pays du Nord, tels que la Russie, la Suède, la Norvège, l'Amérique du Nord, etc... et dans des régions élevées, celles des Alpes par exemple. On peut expliquer ce délaissement par deux causes : 1° les installations hydrauliques puissantes n'existent pas depuis très longtemps, de sorte que leur développement relativement récent n'a pas laissé beaucoup de temps à l'étude ; 2° les glaces n'ont d'importance que dans les régions froides, ce qui exclut beaucoup de pays à industrie hydraulique développée, dont les ingénieurs ne voient, par conséquent, aucun intérêt à s'occuper de cette question.

Il existe cependant actuellement quelques ouvrages intéressants sur ce sujet, tels que : « Phénomènes de la congélation des rivières », par M. Lokhtine ; « La glace de fond (Grundeis) », par Dr Luscher, « Les Glaces dans les usines hydrauliques », par le commandant Hoc, et « La défense contre les glaces à l'usine hydraulique de Holtwood », par F.-H. Allner, que nous allons souvent citer dans la suite. Les deux premiers traitent la question de la glace plutôt au point de vue scientifique, tandis que les derniers se préoccupent surtout des moyens d'empêcher son influence funeste sur les usines hydrauliques.

I. — Les glaces flottantes et les théories proposées

Que sont donc au juste ces glaces ? Il s'agit ici non seulement de cette écorce transparente qui couvre la plupart des cours d'eau et dont l'origine et les propriétés ont déjà été étudiées, mais encore de ces masses de glaces flottantes spongieuses et poreuses, imbibées d'eau de façon à ressembler à une bouillie de glace ou de neige demi-fondue, qu'on rencontre dans les fleuves à courant rapide et dont la surface n'est pas entièrement revêtue du manteau glacial. Leurs parties émergées ont une couleur blanchâtre, tandis que celles plongées dans l'eau sont transparentes. Extrêmement fluide, cette glace semble faire un seul tout avec l'eau. Elle se déforme et se reforme avec un bruit sec très caractéristique à chaque obstacle qu'elle rencontre sur son chemin. En un mot, elle ne ressemble en rien aux glaçons compacts et solides que l'on voit charrier par des cours d'eau tranquilles.

Elle est connue en France sous le nom de *sorbet* que lui donnèrent les ouvriers de l'usine de la Brillane sur la Durance. M. Lokhtine l'appelle (pour des causes que nous expliquerons plus tard) *alluvion glaciale* et M. Luscher *glace en gelée* (Galerteis). On la nomme *sultz* en Suisse, *ice-jam* (marmelade de glace) en Angleterre, *salo* (suif) en Russie, mais elle n'a pas jusqu'ici de nom scientifique, si ce n'est celui de *glace de fond*, nom vieilli et, comme on le verra plus loin, faux.

La même glace, formée par des cristaux et aiguilles très fines, recouvre les pierres et les algues qui se trouvent au fond des cours d'eau et se dépose sur tous les objets qu'on descend au fond et y laisse séjourner pendant quelques heures. Les mêmes dépôts se forment sous la couche extérieure de la glace, où ils atteignent des dimensions considérables et composent quelquefois la masse principale des barrages de glace. Lorsqu'ils viennent à être détachés des objets qu'ils recouvrent et sont emportés par un courant rapide, ils deviennent en tous points semblables à la bouillie de glace dont nous avons parlé plus haut.

§ 1. — Ancienne théorie de la glace de fond

La présence de cette glace sur des objets tirés du fond des cours d'eau donna naissance à une théorie qui, quoique absolument fausse, comme on le verra plus loin, paraît si plausible à première vue, qu'on la rencontre encore actuellement chez certains auteurs. C'est ainsi que M. Allner l'appelle à son secours pour expliquer la formation du sorbet[1]. Cette théorie, exprimée par le nom de « glace de fond » qu'on donnait autrefois à ces fins cristaux, prétend que ces derniers se forment au fond par le refroidissement des objets, pierres et algues qui s'y trouvent. Leur température devenant inférieure à celle de l'eau, cette dernière se congèle autour d'eux, les couvrant d'une couche de glace. Celle-ci, lorsqu'elle est arrachée, monte à la surface de l'eau, où elle forme une bouillie de glace qui garde souvent les traces de sa provenance, telles que : grains de sable, débris de toute sorte, etc., autour desquels elle s'est congelée et qu'elle a entraîné dans son mouvement ascendant.

1. Voir *Engineering Record* du 17 juillet 1915.

§ 2. — Théorie nouvelle de l'alluvion glaciale de M. Lokhtine

Or, cette théorie est, disons-nous, absolument fausse. Les expériences fort intéressantes faites pendant l'hiver de 1904-1905 par M. Lokhtine, ingénieur russe des Ponts et Chaussées, sur la Néva et ses affluents le prouvent abondamment.

En effet, M. Lokhtine supposa d'abord que la théorie de la glace de fond, ci-dessus relatée, est exacte et, partant de là, fit plusieurs expériences qui devaient nécessairement réussir pour justifier sa supposition. Or, elles échouèrent toutes, malgré le soin extrême apporté à leur exécution et leur répétition fréquente.

Il procéda tout d'abord de la façon suivante : Ayant fabriqué un seau spécial, hermétiquement fermé par un couvercle à ressort, muni d'une rondelle de caoutchouc, il le remplissait d'eau, prise dans la Néva même ou ailleurs et préalablement réchauffée pour y détruire toute trace de glace. Il le plongeait ensuite dans ce fleuve à des endroits et à des profondeurs différentes (au fond ou près de la surface) et l'y laissait séjourner pendant le temps suffisant pour la formation de la glace (24 heures environ). Selon l'ancienne théorie, des cristaux devaient se former aussi bien à l'intérieur du seau que dans la Néva puisque les milieux et les températures étaient les mêmes. Or on n'a jamais trouvé à l'intérieur du seau aucune trace de glace de fond, qui couvrait cependant ses parois extérieures. Les objets mis dans le seau pour ramasser les cristaux tels que : branches de sapin, ficelles, cailloux, etc., restaient intacts, tandis que ceux plongés directement dans l'eau à côté du seau revenaient complètement couverts d'une mousse de glace. Plus encore : le seau ayant été rempli d'eau du fleuve contenant du sorbet et ayant séjourné dans le fleuve pendant un dégel et un regel succesifs, fut retiré avec le même résultat : la glace qui se trouvait à l'intérieur ayant fondu durant le dégel, il ne s'y en était pas formé de nouvelle.

Les mêmes expériences, faites avec des bouteilles, boites, etc.., donnèrent des résultats semblables. Le seau fut ensuite plongé dans un tourbillon où il fut secoué si énergiquement que la corde qui le soutenait fut presque usée, mais, en le retirant, on n'y trouva pas plus de sorbet que les fois précédentes.

Mais on obtint un résultat différent lorsque le seau fut plongé ouvert aux mêmes endroits et qu'il se remplissait, par conséquent, d'eau fluviale. Il revenait chaque fois couvert de dépôts de glace aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Ces expériences prouvent suffisamment que, loin de se former au fond sur les objets qui couvrent le lit du fleuve, cette glace, si injustement surnommée « glace de fond », est apportée par l'eau, qui la charrie et la dépose sur les objets qu'elle rencontre. On le voit d'ailleurs clairement lorsqu'on considère l'eau puisée près des rapides de la Néva à la profondeur de quelques mètres. Présentant d'abord un aspect trouble, jaunâtre, laiteux, cette eau s'éclaircit peu à peu, tandis que sa surface se couvre d'une mince croûte de glace qui s'épaissit rapidement. Et si l'on a eu soin d'y plonger quelques objets, on les retire recouverts d'un dépôt de sorbet qui était en suspension dans l'eau examinée.

Mais où cette eau l'avait-elle pris ? Où et comment se forme le sorbet ? Le même M. Lokhtine a donné à ces questions des réponses appuyées par des expériences convaincantes. La première, que l'on peut appeler expérience de laboratoire, fut faite près du village de Lesnoï dans les environs de Petrograd.

On y installa des tuyaux où coulait l'eau sortant de deux puits voisins et refroidie préalablement dans trois grands tonneaux. Ils aboutissaient à une vaste boîte à parois de verre qui permettaient d'observer l'eau à l'intérieur. Dans la boîte on plaça des branches de sapin, des cordes et des cailloux, destinés à recueillir le sorbet s'il s'y formait. Mais, dans toutes les expériences faites avec cette installation, l'eau arrivait invariablement dans la boîte sans aucune trace de glace, et c'est seulement après s'être refroidie dans la boîte découverte que sa surface commençait à se congeler. D'abord apparaissaient des taches troubles qui se soudaient peu à peu entre elles et formaient une mince croûte de glace qui devenait rapidement assez épaisse. Si l'on essayait de la briser, on retrouvait au-dessous la même eau claire et limpide qui se congelait ensuite de la même façon.

Mais le tableau changea complètement du moment où l'on remplaça les tuyaux par des chéneaux en bois, disposés en zigzag à pente faible et divisés en biefs successifs par des poutrelles avec chute entre chaque bief. Cette nouvelle installation formait une sorte de petit cours d'eau artificiel, d'autant plus que, les chéneaux restant découverts, la surface de l'eau était en contact avec l'air froid. On plaça sur son parcours, en plusieurs endroits, des thermomètres et des objets différents pour pouvoir mieux constater les résultats de l'expérience, que M. Lokhtine décrit de la façon suivante :

« Dès que tout l'arrangement fut prêt, on lança l'eau des tonneaux dans les chéneaux. Au

commencement de son parcours, l'eau ne manifesta aucun des phénomènes propres à la formation de la glace. Le thermomètre indiqua ici une température au-dessus de zéro. Mais au fur et à mesure de son mouvement ultérieur à travers les chéneaux et de son refroidissement graduel, l'eau descend à la température de zéro. A sa surface apparaissent de petits points rasant presque l'eau, qui se confondent avec elle et, grâce à leur transparence, se cachent et se dérobent complètement dans la masse de l'eau à l'observation ultérieure des yeux. Ce n'est qu'en retirant une branche de l'eau qu'on voit toute une masse de parcelles qui l'ont recouverte et qui lui donnent littéralement l'aspect observé dans les expériences faites sur la Néva. Mais ce n'est qu'une partie insignifiante des parcelles qui se collent à la branche de cette manière. Leur grande majorité est emportée par l'eau et s'accumule devant les poutrelles sous l'aspect d'une purée bleuâtre demi-transparente et spongieuse. Graduellement cette gelée de glace croît au-dessus de la poutrelle, l'enveloppe complètement et cache même, sous sa masse, le courant de l'eau. L'eau se gonfle ici, en contradiction avec les lois de l'hydrologie, comme une bosse, enfle, bout, comme on dit en Sibérie; ainsi bouillent là-bas les torrents sortant des entrailles de la terre à l'air congelé et formant graduellement des collines entières de dépôts de glace. A mesure que l'amas de glace augmente, l'eau s'amoncelle de plus en plus devant le barrage, rompt la masse de glace friable amassée et en emporte une partie plus loin, à travers le chéneau. Le reste, en sortant des chéneaux avec l'excédent de l'eau, se congèle immédiatement à l'air, et se couvre d'une croûte de glace. »

On constate donc que c'est le contact de l'eau avec l'air froid qui est la condition nécessaire et indispensable de la formation du sorbet.

Les mêmes expériences furent répétées sur la Néva et ses affluents. Nous avons déjà parlé des dépôts de glace de fond, sur les objets plongés dans la Néva. Or, ce fleuve n'est pas entièrement couvert d'une croûte de glace. Dans plusieurs endroits, le courant est trop rapide pour que la glace ait le temps de se former. Il y existe donc des contacts entre l'eau et l'air extérieur qui permettent la formation du sorbet. Mais ce n'est pas le cas pour certains affluents de la Néva, dont la surface est entièrement gelée. Aussi n'y trouve-t-on aucune trace de sorbet, et les dépôts de glace ne se forment point sur les objets qu'on y laisse séjourner. Plus encore, lorsqu'on y plonge des blocs de glace pris sur la Néva, on les voit fondre rapidement et perdre de 15 à 20 % de leur poids; ce pourcentage est d'autant plus fort que la profondeur à laquelle les blocs étaient plongés est plus grande.

Quant à la présence dans le sorbet des grains de sable, impuretés, etc..., qui induisirent en erreur les fondateurs de l'ancienne théorie, leur faisant croire à la formation de ces cristaux de glace au fond du fleuve, M. Lokhtine l'explique par la rencontre dans l'eau de deux alluvions : alluvion sablonneuse ou vaseuse et alluvion glaciale. Pendant cette rencontre, les cristaux de la seconde se congèlent autour des menus grains de la première et les soulèvent à la surface de l'eau ou bien les tiennent en suspension. Des expériences faites avec différents objets plongés dans l'eau montrent, en effet, que : 1° l'embourbement du sorbet est le plus fort à proximité du fond, mais les surfaces touchant directement le fond ne portent aucune trace ni de cristaux de glace, ni de grains de sable. En effet, les alluvions ne pouvant pas y pénétrer, aucune formation n'a donc lieu; 2° le sorbet est d'autant plus embourbé que le courant qui le porte est plus rapide; il est propre là où cette rapidité est presque nulle.

Ainsi tous les phénomènes sur lesquels s'appuyait l'ancienne théorie trouvent des explications nouvelles confirmées par des expériences. Il en est de même de deux faits qui semblent, à première vue, en contradiction avec toute la théorie de M. Lokhtine.

Le premier consiste en l'absence complète du sorbet, même pendant les plus grands froids, dans la cascade de Kolpino, formée par un des affluents de la Néva, malgré sa grande rapidité qui empêche la formation de la croûte glaciale. Mais M. Lokhtine démontre que c'est cette rapidité même qui empêche, au lieu de la favoriser, la formation du sorbet, car la distance découverte parcourue par l'eau de la cascade étant très petite, tout le parcours dure moins d'une minute. Or, ce temps n'est pas suffisant pour la formation du sorbet, qui exige, comme l'ont montré les expériences du laboratoire de Lesnoï, 15 minutes à la température de — 6°.

Le second phénomène qui fait douter de la justesse de la nouvelle théorie est la diminution des dépôts d'alluvion glaciale pendant de fortes gelées qui ont lieu par un temps calme. Or, on sait que le froid intense provoque, en l'absence du vent, la formation d'une croûte glacée dans les endroits jusque-là découverts. Il est évident dès lors que, l'étendue sujette à la formation du sorbet devenant moindre, la quantité de ce dernier diminue.

Telle est la théorie de M. Lokhtine qui, en

résumé, explique la formation du sorbet par le contact de l'air froid avec l'eau dont le courant est trop rapide pour permettre la congélation de ces cristaux de glace en une croûte unie et immobile.

§ 3 — Théorie du Dr Luscher

Le Dr Luscher, ingénieur suisse, tout en réfutant, lui aussi, l'ancienne théorie de la glace de fond, trouve que la formation du sorbet doit être expliquée par la rencontre des couches froides, contenant les particules de glace, avec des couches plus chaudes. « Car, dit-il, la glace flottant dans l'eau ne supporte aucune différence de température sans regeler aussitôt et former de nouveaux amas de glace en gelée », autrement dit sorbet. Il affirme, par conséquent, que la destruction du sorbet par la chaleur provoque sa formation en quantité encore plus considérable, en créant la coexistence de couches chaudes et froides, et qu'une température uniformément basse qui tient les cristaux de glace en suspension est, par suite, préférable à ces alternances du chaud et du froid qui contribuent à accumuler le sorbet et à le rendre visqueux.

M. Luscher cite, à l'appui de sa théorie, ses observations et ses expériences faites en Russie et en Suisse, telles que :

1° La présence du sorbet, rare par le grand froid continu, est très fréquente pendant les changements de température. (Cette observation semble contredire celle faite par M. Lokhtine) ;

2° L'engorgement rapide des aubes des turbines qu'on dégage à l'aide d'un jet de vapeur, et l'absence du sorbet pendant le reste de la journée dans celles qui sont dégagées à froid par des outils ou par un jet d'eau sous pression, amenée par un tuyau de fer disposé à l'intérieur;

3° La diminution de l'engorgement des turbines lorsque la disparition des volets qui fermaient contre l'air froid le canal de fuite au-dessus du plan d'eau permet à l'air extérieur de refroidir les turbines et leurs abords ;

4° L'absence du sorbet dans les canaux couverts, où la température reste sensiblement constante, que M. Luscher a observée dans deux grandes usines. Nous citons son observation telle qu'il la décrit :

« Deux grandes usines, toutes deux sur des torrents très sujets aux glaces de fond, la Lutschine, à Lauterbrunnen, et le Rhône, à Wallis, toutes deux avec des canaux d'amenée et conduites forcées de grande longueur, et ainsi présentant des conditions d'ensemble très analogues, se comportent tout différemment sous l'influence de la glace de fond. La première ne connaît, pour ainsi dire, pas d'obstructions; la seconde a beaucoup à en souffrir.

« Les turbines et la hauteur de la chute sont analogues dans les deux (45 et 65 mètres).

« La première a un canal d'amenée de quelques centaines de mètres, composé jusqu'au château d'eau de tuyaux en tôle d'environ 2 m. de diamètre établis dans le sol, et seulement un court ouvrage de prise pour le seuil à graviers, les vannes de prise et de vidange. Cet ouvrage est un tronçon de canal à ciel ouvert de très grande section. Du château d'eau se détache la conduite forcée, longue d'environ 1 kilom., en partie couverte pour l'uniformité de température, comme la conduite d'amenée. La vitesse de l'eau dans la conduite atteint au maximum 3 m. à la seconde.

« L'autre usine, au contraire, sur le Rhône, a un canal d'amenée de plusieurs kilomètres, en grande partie ouvert, avec une vitesse trop grande d'après nos considérations, environ 1 m. 50 à 2 m. Sur quelques centaines de mètres, il est en souterrain. Ce canal d'amenée débouche dans un réservoir aménagé en forme de bassin ouvert pour égaliser les variations de pression. De celui-ci se détache la conduite forcée, de quelques centaines de mètres de longueur, à l'air libre, avec environ 2 m. 50 de diamètre.

« Les troubles que subit cette usine consistent en un fort développement de glace de fond dans le canal à ciel ouvert, et dans l'accumulation de celle-ci, avec développement de sorbet s'ensuivant dans le réservoir, jusqu'à obstruction complète.

« Au début de ces troubles, ou dans les cas de moindre importance, ils se manifestent d'abord dans les turbines, par l'obstruction des aubes, et cela pour les petites turbines auxiliaires plutôt que pour les turbines de force motrice proprement dite.

« Il est hors de doute que la manière toute différente dont les deux usines se comportent tient à la différence de leurs installations » ;

5° La formation des dépôts de glace sur les pierres dont la température, de même que celle de l'eau dans laquelle elles se trouvent, est légèrement supérieure à 0°. Cette dernière observation fut faite sur la Narova (Russie) pendant l'hiver de 1898-9, ainsi que sur l'Aar en Suisse pendant l'hiver de 1899-1900. M. Luscher a mesuré pendant quelque temps les températures de l'air, de l'eau, du sol et des pierres sur lesquelles se formaient les dépôts de glace à l'aide de thermomètres spéciaux, donnant le centième de degré dans le voisinage de 0°. Il nota les résultats de ces expériences dans un vaste tableau dont le court extrait ci-dessous donnera une idée.

Tableau I. — **Observations de M. Luscher sur la formation de la glace de fond**

	AIR	EAU à 0,30	EAU à la surface	SOL sous 0,30 d'eau à 0,40 dans le sable	PIERRE n° 1	OBSERVATIONS
11 février, à 9 heures du matin.....	— 6°6	0°08	0°05	0°20		Formation de glace de fond. La veille il était tombé de la neige par la température de 0°.
16 février, à 7 heures du matin.	— 3°	0°03	0°01	0°22	0°025	Pas de glace de fond.
18 février, à 7 heures du matin.....	— 13°2	0°07	0°04	0°20	0°015	Beaucoup de glace de fond sur la pierre. Dans l'eau nagent de nombreux cristaux.

II. — Les inconvénients des glaces pour les installations hydrauliques

Les glaces et leur formation présentent un intérêt non seulement scientifique, mais encore pratique, car la congélation des rivières et la formation du sorbet sont d'une grande importance pour les installations hydrauliques.

En effet, lorsque le cours d'eau ou le canal d'amenée se couvrent d'une croûte de glace, les frottements y sont beaucoup plus grands que dans un fleuve ou un canal ouverts à parois unies. Un même débit y exige une pente plus considérable. Le niveau peut donc s'élever dans la partie amont si l'on n'a pas eu soin de réduire beaucoup l'admission à la prise et l'on risque alors d'être surpris par un débordement, c'est-à-dire peut-être par une rupture de digue et par une catastrophe.

Mais il arrive qu'au lieu de se congeler régulièrement à la surface, l'eau reste par endroits découverte, grâce à la trop grande rapidité du courant. Les glaçons venant de l'amont traversent alors cette lacune et sont arrêtés par son bord inférieur, où ils s'accumulent peu à peu. Il s'y produit alors un entassement qui fait sensiblement monter le niveau de l'eau et forme souvent un véritable barrage qui peut, si le fleuve n'est pas très large, arrêter complètement son cours. Les usines hydrauliques placées à l'amont de ce barrage risquent alors d'être brisées par le tourbillon qui s'y produit, tandis que l'activité de celles qui se trouvent à l'aval est arrêtée par le manque d'eau. Le même phénomène peut être causé par un fort vent qui brise la glace déjà formée. Le courant emporte alors les débris pour en former des barrages analogues aux précédents, comme cela eut lieu en février et en avril de 1909 sur les chutes du Niagara, où le mur de glace atteignit la hauteur de 24 mètres au-dessus du niveau normal de la glace, élevant l'eau à la hauteur de plus de 12 mètres au lieu des 8 m. 50 habituels. Des dégâts graves furent causés par cette inondation aux usines situées à l'amont du mur de glace (Ontario Power, Canadian Niagara Power C°, etc.), tandis que celles construites à l'aval (Niagara Falls Hydraulic Power and Manufacturing C°, Niagara Falls Power C°, etc.) furent privées d'énergie [1].

Un cas spécial qui nous intéresse davantage est celui de la formation du sorbet. Il se rencontre plus fréquemment, car les installations hydrauliques sont construites le plus souvent sur les cours d'eau à courant très rapide qui se couvrent rarement de croûte de glace. Mais ils charrient, par contre, le sorbet en quantité quelquefois si considérable qu'il cause de graves dommages aux usines hydrauliques. En effet, s'il passe à travers les grilles, le sorbet peut s'agglomérer dans les turbines et les arrêter. S'il est au contraire arrêté par les grilles, il peut s'amasser dans la chambre de mise en charge, d'abord en surface, puis en épaisseur, et finit par former dans toute la chambre une masse flottante de 2 à 3 mètres d'épaisseur et davantage qui restreint de plus en plus l'accès de l'eau vers les grilles; lorsque ces dernières s'engorgent, même en partie, le niveau d'eau baisse en arrière d'elles. Le mélange d'eau et de glace se trouvant entre leurs barreaux gèle dans l'air froid et transforme la grille en un mur étanche qui laisse le bassin complètement vide à l'aval et soutient à l'amont une charge d'eau de 10 à 12 kilogrammes par millimètre carré, qui risque fort de briser la grille.

Il arrive aussi, comme dans le canal d'une centrale sur la Léna par exemple, que le sorbet charrié par les eaux et les glaçons collés au fond remplissent le canal au point que l'eau déborde. Les dégâts, quoique moins graves que dans les cas précédents, ne sont néanmoins pas à négliger.

1. Voir le *Génie civil* du 22 mai 1909.

III. — La lutte contre les glaces

Mais il ne faudrait pas croire qu'on subit passivement l'attaque des glaces. Ici, comme partout ailleurs, l'homme invente des procédés qui lui permettent de combattre la furie des éléments. Sans être encore parfaits, ils méritent d'être cités, car ils rendent de réels services aux installations hydrauliques et se perfectionnent de jour en jour. On peut diviser tous ces procédés en deux groupes : 1° mesures préventives; 2° mesures de défense proprement dites.

§ 1. — Mesures préventives

Le sorbet étant le principal ennemi des turbines, nous pouvons classer dans ce premier groupe toutes les mesures qui tendent à en empêcher la formation. Or celle-ci provenant du contact de l'eau avec l'air froid, le meilleur moyen consiste à empêcher ce contact. On peut, pour cela, soit prendre l'eau à une certaine profondeur, à l'aide d'un siphon par exemple, et à la rigueur même à la surface, lorsqu'on prend le soin d'entourer la prise d'un écran vertical suffisamment plongeant, pouvant être constitué par une grille que le sorbet rendra pleine, soit favoriser la formation d'une croûte de glace qui, en préservant l'eau du contact de l'air, empêchera la formation du sorbet. Quant aux glaçons et au sorbet apportés par le courant, l'expérience montre qu'ils ne sont pas dangereux, car ils fondent sous l'écorce glaciale ou bien se collent à cette dernière presque sans augmenter son épaisseur.

La croûte de glace qui se forme rapidement sur les lacs et les cours d'eau tranquilles présente souvent des lacunes sur les fleuves et les canaux à courant rapide. On peut y remédier, selon M. Lokhtine, par le procédé des matelas qu'il décrit comme suit : « Ayant choisi, sur le courant rapide de la Néva, une éclaircie, j'y plongeai à la surface de petits matelas composés de rameaux de sapins de 5 mètres de longueur, posés avec leurs branches à une distance de 2,5 mètres l'un de l'autre et liés entre eux comme une cage. Comme il a été constaté, par les expériences antérieures, qu'il est tout à fait inutile de mettre quoi que ce soit dans la partie intérieure de l'éclaircie pour contribuer à la congélation, parce que les objets plongés, étant vite recouverts de glace et congelés, sont aussitôt arrachés par les glaçons venant d'en haut ou bien emportés sous la glace, il fut décidé qu'on poserait ces matelas dont la partie supérieure de l'éclaircie. Au premier moment, le matelas plonge dans l'eau assez profondément, mais déjà quelques heures après remonte à la surface, grâce à la congélation des parcelles de l'alluvion glaciale. Avec cela, aussitôt que le courant se ralentit quelque part entre les branches, surtout là où les branches étaient posées en tas épais, une congélation rapide survient, qui s'étend de plus en plus des deux côtés. Sous la couche mince et transparente de la glace qui se forme dans ces endroits, des parcelles de l'alluvion glaciale s'entassent rapidement, se congelant et augmentant l'épaisseur du nouveau manteau glacial. Une des éclaircies, de dimension exiguë, s'était recouverte de glace au bout de 6 heures, et, 24 heures après, on marchait dessus. Sur une grande éclaircie ayant 450 mètres carrés de surface, il se forma en 24 heures une couche de glace dépassant de beaucoup la surface du matelas. Alors on commença à y ajouter des branches et la congélation s'effectua plus rapidement. A la fin, cette éclaircie était complètement congelée en 3 jours ».

Un procédé analogue est employé en Norvège où, au commencement de l'hiver, on rassemble sur le lac ou sur le bief de retenue tous les bois flottés destinés à être plus tard débités ou transformés en pâte à papier, qui facilitent la formation de l'écorce glaciale.

M. Luscher recommande aussi de favoriser la formation d'une croûte de glace sur le canal d'amenée. Mais cela n'étant possible que lorsque la vitesse de l'eau ne dépasse pas 1 mètre, il est bon de ne pas trop augmenter cette vitesse dans les régions menacées par les glaces, malgré les dépenses qu'entraîne une pareille construction.

Il faut aussi éviter les alternatives de parties couvertes et découvertes qu'on rencontre souvent dans les canaux couverts ou en souterrain, de même que les causes de stagnation, de tournoiement et de ralentissement de vitesse qui toutes favorisent la formation du sorbet. On peut empêcher ces derniers phénomènes par l'installation de grilles pareilles à celles de l'usine de Fribourg (Suisse), construite en 1909. « En arrière de ces grilles, le passage ouvert à l'eau va en s'élargissant depuis l'amont jusqu'à l'aval, de manière que la section soit proportionnée en chaque point au volume correspondant à la longueur de grille en amont et que, par suite, la vitesse de l'eau soit constante. De cette grille jusqu'aux vannes des conduites forcées, le canal est en souterrain, la chambre de mise en charge n'est que très modérément développée et la prise des vannes cylindriques se fait en surface [1]. »

L'installation de Fribourg donne aussi l'exemple d'un autre procédé qu'il serait bon d'imiter et

1. Voir la description de Hoc (*Génie civil* du 28 janvier 1911

qui consiste à enlever en temps de glaces une partie ou même toutes les grilles dont les barreaux sont éloignés l'un de l'autre de 3 à 4 cm. et qui se composent de panneaux amovibles reposant sur des encadrements en fer à T, pour ne laisser que des grilles garde-gravier, formées de barreaux verticaux, orientés à 45° et espacés de 10 cm., que la glace ne peut guère engorger[1]. L'absence des premières grilles ne présente pas d'inconvénient, car l'eau est à cette époque très claire et ne charrie guère autre chose que la glace, tandis que, laissées à leur place, elles se transforment rapidement en murs de glace.

Une mesure analogue est employée par l'usine américaine de Holwood (Pensylvanie, Etats-Unis) construite sur la Susquehanna River et dont les turbines principales et surtout celles des excitatrices sont quelquefois bloquées par le sorbet et par des glaces qui se forment à la surface de la rivière par de fortes baisses de température. Lorsqu'on reconnaît, d'après un bruit caractéristique, la présence du sorbet ou des glaçons dans les passages des turbines, on ouvre un certain nombre de grilles, placées en avant des chambres d'eau. La même précaution est prise pour les turbines des excitatrices, et même on s'efforce de ne se servir pendant la période dangereuse que d'excitatrices commandées par des moteurs électriques, et quelquefois de remplacer les excitatrices par une batterie d'accumulateurs dont dispose la centrale.

M. Luscher dit qu'en Russie aussi les usines hydrauliques emploient généralement des grilles avec des vides de 10 à 15 cm. entre les barreaux, et des turbines avec des aubages espacés en proportion, qui, il est vrai, nuisent au rendement, mais permettent d'éviter des engorgements par le sorbet et, par suite, des arrêts.

M. Hoc conseille d'enlever ou de soulever une partie des panneaux de grilles, même avec des turbines ordinaires, lorsqu'on aperçoit que le sorbet menace d'empâter ces grilles et d'arrêter l'usine.

§ 2. — Mesures défensives

Lorsqu'on a négligé de prendre en temps utile des mesures empêchant la formation du sorbet et des glaçons ou que celles-ci sont restées infructueuses, on est obligé de défendre énergiquement les centrales contre ces ennemis flottants qui menacent de les arrêter.

1. Voir la description de Hoc (*Le Génie civil* du 28 janvier 1911).

Quand il s'agit des glaces provenant d'une débâcle ou d'une embâcle du fleuve, qui atteignent souvent des dimensions si considérables qu'elles ne peuvent être écartées ni par les ouvriers ni par les constructions ordinaires, on a recours à la dynamite. C'est ainsi qu'on procéda du 22 au 24 avril 1909 pour arrêter l'inondation des centrales construites sur le Niagara[1] dont nous avons parlé plus haut. A l'aide de la dynamite, on creusa dans la glace des canaux où l'eau put circuler et qu'on réunit ensuite en un seul canal ayant la moitié de la largeur du fleuve et passant entre deux murailles de glace atteignant par endroits 12 mètres de hauteur.

Mais c'est bien autre chose lorsqu'on a affaire au sorbet. Les explosifs ne peuvent être ici d'aucune utilité. On peut éloigner le sorbet des grilles par le brassage fait soit par des ouvriers, soit par des appareils à palettes qui existent dans certaines usines, celle de Montbovon (Suisse) par exemple. Le brassage consiste à agiter constamment le sorbet du haut en bas de la grille pour le forcer à la traverser avec l'eau. Le travail étant très pénible, il faut que la moitié des ouvriers se repose pendant que l'autre travaille, ce qui exige un personnel nombreux, d'autant plus qu'il faut avoir un ouvrier par mètre courant. Le brassage n'est donc employé que là où la défense ne dure qu'un temps court : quelques jours en automne et au printemps.

Un second procédé est celui de l'évacuation du sorbet par des pertuis à glaces, canaux larges et peu profonds, car on a constaté qu'un pertuis de 25 cm. de profondeur évacue autant de glace qu'un de 50 cm. La largeur peut atteindre 6 mètres, en deux travées de 3 mètres, séparées par un chevalet métallique supportant une passerelle de manœuvre et munies chacune de poutrelles. Une largeur de 7 m. 50 en trois travées de 2 m. 50 est encore meilleure, car le maniement des poutrelles est alors plus facile. Le pertuis doit être établi sur la rive où le courant se porte naturellement, c'est-à-dire sur la rive concave. Le chenal d'évacuation faisant suite au pertuis doit avoir une pente assez forte ou un niveau très bas par rapport à celui du pertuis, car l'exemple de l'usine de la Brillane a montré qu'une différence de niveaux de 1 m. n'empêche pas le canal de s'obstruer complètement par un mur de glace. En effet, le courant n'étant pas assez fort pour entraîner le sorbet évacué, celui-ci se prend rapidement et forme un amoncellement qui élève l'eau du canal.

Pour conduire le sorbet dans les pertuis, on

1. Voir *Le Génie civil* du 22 mai 1909.

emploie, dans les canaux de largeur et vitesse faibles, des ouvriers armés de râteaux qui dirigent le sorbet à l'aide d'une poutre flottante oblique. Un procédé analogue est employé par une centrale de la Léna (Sibérie), où les ouvriers, à l'aide de longues perches, décolent le sorbet du fond et le dirigent sur le canal d'évacuation. Quelquefois ils pêchent le sorbet flottant par des filets et le jettent sur les rives.

Mais, lorsque le canal est plus large ou la vitesse plus grande, ces procédés ne suffisent plus. On se sert alors d'estacades qui peuvent être flottantes ou fixes. Les premières doivent être suffisamment massives pour permettre à plusieurs ouvriers de circuler sur chaque élément sans ébranler la stabilité de l'estacade. Le joint entre deux éléments consécutifs est garni en toile, assurant la continuité de la surface destinée à guider le sorbet. Le bois peut être frotté à l'huile, qui empêche l'adhérence de la glace.

Mais les estacades flottantes ne sont réellement bonnes que lorsque le sorbet n'est pas en quantité très considérable. Autrement, grâce à son extrême fluidité, il plonge avec l'eau sous l'estacade et ressort de l'autre côté souvent en quantité encore plus grande.

Pour éviter cette fuite du sorbet, on a construit à Saint-Maurice et, à son exemple, à la Brillane en 1909, des dispositifs spéciaux, formés par des combinaisons d'estacades flottantes et fixes. Celui de la Brillane a donné, selon M. Hoc, de bons résultats.

Malheureusement, le procédé de pertuis et d'estacades possède l'inconvénient de perdre une certaine quantité d'eau à une époque de l'année où elle est rarement suffisante pour les besoins de l'usine, les cours d'eau n'étant alimentés que par les sources de fond, car les petits affluents sont pris et les glaciers ne donnent pas d'écoulement. Il est donc préférable de pouvoir éviter la nécessité de l'emploi de ce procédé par l'usage en temps utile des mesures préventives.

Il existe encore un procédé de lutte contre les glaces. Il consiste dans le chauffage des grilles et de leurs abords, qui est employé par quelques usines, telles que l'usine de Holwood citée plus haut, l'usine de Cusset près de Lyon. Dans la première, on admet de la vapeur dans la chambre d'eau de la turbine gelée, de façon à la réchauffer et à fondre la glace adhérant aux organes métalliques. Dans la seconde, « il existe, dit M. Hoc, depuis plusieurs années, une installation de chauffage par tuyaux de vapeur passant dans l'espace fermé, constitué autour des grilles par un plancher et des panneaux en bois ». Enfin, M. Luscher décrit une installation analogue, où « dans une usine de force motrice les turbines Francis ont été chauffées de la façon suivante : dans l'intérieur des bâches fermées, des tuyaux à gaz en serpentin, chauffés à la vapeur, étaient amenés le long des ouvertures des aubes ».

Mais ce procédé ne parait pas pratique, car il n'empêche pas la nouvelle formation du sorbet. En effet, aucune de ces expériences n'a donné de résultats satisfaisants, confirmant ainsi la théorie de Luscher que nous avons exposée plus haut.

J. Vichniak,
Ingénieur E. S. E.

LA CONSOMMATION DES BOISSONS ALCOOLIQUES DANS LE MONDE

D'APRÈS LES TRAVAUX DE M. GABRIELSSON

L'étude des effets hygiéniques, moraux et sociaux de la consommation des boissons alcooliques suppose l'établissement préalable d'une statistique sérieuse de cette consommation, en particulier de la consommation par habitant dans les différents pays. De nombreux documents ont vu le jour à ce sujet, dont le plus important est sans nul doute la série de Rapports annuels publiés depuis 1897 par le « Board of Trade » anglais sous le titre : *Alcoholic Beverages;* on y trouve, pour un grand nombre de pays, des renseignements non seulement sur la consommation, mais aussi sur la production et le commerce des boissons alcooliques depuis 1885. Mais, malgré les travaux intéressants de M. Sundbaerg et de M. Struve, une étude d'ensemble portant sur la consommation moyenne dans une période de plusieurs années pour le plus grand nombre de pays, et sur les variations de cette consommation par rapport aux périodes antérieures, restait hautement désirable. C'est la tâche que s'est donnée un Suédois, M. J. Gabrielsson, et dont il vient de consigner les résultats dans un important volume [1] dont il nous paraît intéressant de donner ici un aperçu.

I

L'objet principal du livre de M. Gabrielsson est d'établir la moyenne annuelle de la consommation, totale et par habitant, de l'eau-de-vie, du vin et de la bière (et occasionnellement d'autres boissons comme le cidre) pendant la période quinquennale de 1906 à 1910.

Cette statistique porte, et ceci pour la première fois, sur presque tous les pays du monde. N'ont été laissés de côté, faute de renseignements, que : le Luxembourg, le Monténégro, la Perse, la Chine, le Siam, le Libéria, le Nicaragua, le Guatemala, le Venezuela, la Colombie, l'Equateur, la Bolivie et quelques autres pays moins importants.

Les sources auxquelles s'est adressé l'auteur sont, en général, les statistiques publiées par les différents Etats, soit sur l'objet propre de son travail, soit d'une façon générale sur le commerce et la production des boissons alcooliques. Mais, d'autre part, il a pu consulter et utiliser des statistiques manuscrites fournies par un certain nombre de pays en réponse à une enquête entreprise en 1912 par le Collège royal du Commerce de Suède sur la même question. Ces renseignements sont venus très heureusement compléter les autres données de l'auteur et lui ont permis d'établir des évaluations beaucoup plus précises que celles de ses devanciers.

La méthode générale d'évaluation de la consommation est exprimée en principe par cette formule : consommation = production + importation — exportation. La production et le commerce des boissons alcooliques étant, dans presque tous les pays, soumis à des taxes, les statistiques qui les concernent sont, en général, d'une grande exactitude. Il a été tenu compte naturellement, dans l'estimation de la consommation, des quantités d'eaux-de-vie dénaturées ou destinées aux usages industriels, ainsi que du mouvement des entrepôts publics.

La consommation calculée par M. Gabrielsson représente, comme nous l'avons dit, la moyenne d'une période de 5 années; la consommation annuelle, telle qu'elle est donnée dans les *Alcoholic Beverages,* présente, en effet, parfois des écarts importants, et pour établir des comparaisons entre les différents pays, il était indispensable d'établir une moyenne entre plusieurs années consécutives.

Mais, si l'auteur se fût borné à donner les chiffres indiquant simplement les quantités d'eau-de-vie, de vin et de bière consommées, il eût été impossible de comparer la situation des pays les uns par rapport aux autres, ou dans un même pays par rapport à une époque antérieure, les richesses alcooliques de ces trois boissons étant très différentes, et celle d'une même boisson variant aussi d'un pays à un autre. M. Gabrielsson a donc évalué les quantités d'*alcool pur* consommées sous forme de chacune des boissons séparées et sous forme de toutes les boissons réunies : c'est ce dernier chiffre qui présente la plus haute signification. Pour cette réduction en alcool pur, M. Gabrielsson a fait usage de renseignements de première main sur le pourcentage d'alcool des diverses boissons dans les différents pays.

En somme, l'auteur a cherché à s'entourer du plus grand nombre de renseignements et à éviter le plus possible les causes d'erreur; si ses chiffres ne peuvent prétendre à une précision absolue, à cause des lacunes de certaines

1. *Consommation des boissons alcooliques dans les différents pays.* 1 vol. gr. in-8° de 270 p. avec graphiques. A. B. Nordiska Bokhandeln, Stockholm, et F. Alcan, Paris, 1915.

statistiques, ils semblent présenter la plus grande approximation possible actuellement.

II

Quels sont les résultats obtenus par M. Gabrielsson? Nous ne pouvons les passer tous en revue, renvoyant ceux que la question intéresse particulièrement à la lecture détaillée de son livre. Nous ne reproduirons ici que quelques-uns des principaux, avec les commentaires qu'ils ont suggérés à l'auteur.

TABLEAU I

Pays	Consommation en alcool pur Litres	dont pour l'eau-de-vie %	le vin %	la bière %
France	22,93	19,3	65,9	14,8[1]
Italie	17,29	2,9	96,7	0,4
Malte	15,08	22,0	75,4	2,6
Espagne	14,02	11,5	64,5	24,0
Grèce	13,87	6,0	93,8	0,2
Suisse	13,71	13,9	60,9	25,2
Gibraltar	13,41	20,9	26,0	53,1
Portugal	12,59	4,1	95,6	0,3
Belgique	10,58	25,9	6,3	67,8
Argentine	10,21	31,8	66,8	1,4
Grande-Bretagne	9,67	21,6	2,1	76,3
Autriche	7,78	47,6	28,9	23,5
Hongrie	7,62	61,0	34,1	4,9
Allemagne	7,47	49,0	8,9	42,1
Etats-Unis	6,89	40,0	4,7	55,3
Danemark	6,82	76,6	3,5	19,9
Australie	5,65	35,7	5,4	58,9
Serbie	5,45	74,3	22,3	3,4
Roumanie	5,25	52,4	45,8	1,8
Pays-Bas	5,01	71,5	4,0	24,5
Uruguay	4,75	23,2	75,6	1,2
Nouvelle-Zélande	4,61	43,1	3,4	53,5
Suède	4,33	79,3	2,0	18,7
Mexique	4,26	66,5	3,5	30,0[2]
Russie d'Europe	3,41	89,3	3,0	7,7
Canada	3,31	63,9	2,0	34,1
Bulgarie	3,02	10,2	85,2	4,6
Panama	2,93	....	....	....
Russie d'Asie	2,61	73,0	23,3	3,7
Norvège	2,37	60,6	8,3	31,1
Japon	2,36	12,9	0,3[3] / 86,0	0,8
Afrique du Sud britannique	1,79	53,5	27,3	19,2
Finlande	1,54	75,2	5,9	18,9
Empire turc	1,39	68,2	30,1	1,7
Terre-Neuve	1,11	89,9	2,8	7,3
Inde anglaise	0,09	90,3	0,8	8,9

Le tableau I représente la consommation annuelle moyenne, par habitant, de toutes les boissons alcooliques réunies, réduite en alcool pur, pendant la période 1906-1910, et la proportion dans laquelle entre chacune des boissons. Les pays ont été classés par ordre de consommation décroissante ; comme on le voit, la France se place de beaucoup en avant des autres pays, en tête de ce tableau, avec une consommation moyenne, en chiffres ronds, de **23 litres** d'alcool pur par habitant et par an [1].

En considérant la proportion de chacune des boissons séparées par rapport aux trois boissons réunies, M. Gabrielsson fait ressortir un groupement très intéressant. Les pays qui présentent les plus hauts chiffres, si l'on considère la consommation individuelle, savoir : la France, l'Italie, Malte, l'Espagne, la Grèce, la Suisse, Gibraltar, le Portugal, sont des pays méridionaux et les régions du vin par excellence L'Argentine, qui tient la 10e place, est un pays du vin aussi. Il en résulte que *ce sont les pays du vin qui consomment le plus d'alcool.* Les pays qui viennent ensuite : la Belgique, au 9e rang, et la série qui commence par la Grande-Bretagne, sont des pays de consommation plutôt mêlée ; en général, pourtant, la boisson prépondérante y est la bière. Enfin les pays qui occupent la seconde moitié du tableau sont presque tous ceux où les boissons les plus fortes en alcool, les eaux-de-vie, sont les plus en vogue : *ce sont les pays de l'eau-de-vie qui consomment le moins d'alcool.*

La célèbre thèse de Montesquieu : « plus on vient au Nord, plus l'emploi de l'alcool s'accroît », qui a pu avoir autrefois quelque apparence de vérité, doit être aujourd'hui renversée, avec cette adjonction : *c'est la proportion de l'eau-de-vie par rapport à la consommation totale qui augmente avec la latitude.*

II

Les chiffres précédents représentent la consommation des boissons alcooliques au point de vue *statique.* Il est intéressant également d'étudier la question au point de vue *dynamique*, c'est-à-dire de montrer quel est le sens, progressif ou régressif, de la marche de la consommation dans les différents pays.

Dans ce but, M. Gabrielsson a comparé la consommation pendant la période 1906-1910 à celle de la période 1891-1895, tirée de statistiques et ouvrages antérieurs. Les chiffres, dits indicateurs, du tableau II expriment le rapport en millièmes de la première à la seconde. Les pays de la colonne de gauche sont ceux où la consommation par tête de l'alcool a augmenté ; elle a diminué, au contraire, dans ceux placés à droite.

1. Bière et cidre réunis.
2. Bière et pulque réunis.
3. Saké.

1. La France se place également en tête des autres pays pour sa *consommation totale*, qui est de 9 002 018 hectolitres d'alcool pur par an, alors que les pays se placent dans l'ordre suivant : Etats-Unis, 6.125.541 hl. ; Italie, 5.899.563 hl. : Allemagne, 4.719.200 hl. ; Russie d'Europe, 4.366.242 hl. ; Grande-Bretagne, 4.268.004 hl. ; Espagne, 2.711.020 hl. ; Autriche, 2.167.254 hl. ; Hongrie, 1.555.148 hl. ; Japon, 1.166.355 hl. ; etc.

TABLEAU II

Pays	Chiffre indicateur	Pays	Chiffre indicateur
Portugal	2018	Suède	969
Italie	1354	Belgique	931
France	1318	Serbie	921
Terre-Neuve	1291	Grèce	911
Nouv.-Zélande	1223	Allemagne	886
Etats-Unis	1198	Gde-Bretagne	881
Canada	1191	Suisse	878
Hongrie	1156	Norvège	856
Russie		Pays-Bas	842
d'Europe	1144	Autriche	841
Espagne	1112	Finlande	824
Australie	1007	Danemark	771
		Roumanie	626

L'examen de ce tableau montre que les deux pays qui possèdent la plus forte consommation alcoolique, la France et l'Italie, présentent également une augmentation extrêmement rapide. La France n'est plus ici qu'au 3e rang, mais l'Italie reste au second, et le Portugal, qui était un des premiers au tableau I, arrive en tête du tableau II. Or ces pays sont des pays du vin par excellence. Parmi les pays qui présentent la plus forte diminution de la consommation par tête, on retrouve ceux qui présentaient déjà au tableau I la consommation actuelle la plus faible; c'est le cas, en particulier, de la Norvège et de la Finlande, pays de l'eau-de-vie par excellence. Quant aux pays de la bière, ils occupent plutôt des places intermédiaires au point de vue de la marche du développement de la consommation (augmentation ou diminution faible).

En ce qui concerne la marche de la consommation de chacune des boissons séparées (dont nous ne reproduirons pas les chiffres, pour ne pas allonger), M. Gabrielsson arrive aux résultats suivants : l'emploi de l'eau-de-vie va en diminuant, notamment dans les contrées les plus avancées en civilisation, sauf en France, en Russie et aux Etats-Unis. L'usage du vin est en progression considérable, surtout dans les pays où il est la boisson prédominante; un seul pays fait exception : l'Espagne, où le vin est en recul, remplacé surtout par la bière. Quant à l'emploi de la bière, il est généralement en progrès.

IV

Pour préciser la situation plus ou moins favorable des divers pays vis-à-vis de la consommation de l'alcool, nous emprunterons enfin à M. Gabrielsson un dernier tableau (tableau III), qu'il a obtenu de la façon suivante. Pour comparer les divers pays, il ne suffit pas d'évaluer l'importance de la consommation par tête, et le sens de la marche de cette consommation; il faut attribuer, semble-t-il, une plus grande importance à l'alcool consommé sous forme des plus fortes boissons, l'eau-de-vie ayant certainement une action enivrante plus prononcée et un effet plus nuisible sur la santé que la même quantité d'alcool consommé sous forme de vin ou de bière.

Pour tenir compte de ce facteur, M. Gabrielsson établit des *chiffres indicateurs définitifs* d'après la formule :

$$X = 2a \times \frac{I^a}{1000} + 1{,}2b \times \frac{I^b}{1000} + c \times \frac{I^c}{1000};$$

où a, b, c sont les consommations actuelles en alcool pur sous forme d'eau-de-vie, de vin et de bière, et I^a, I^b, I^c les chiffres indicateurs du développement de la consommation de ces trois boissons.

TABLEAU III

Pays	Chiffre indicateur définitif	Pays	Chiffre indicateur définitif
France	41,05	Serbie	8,93
Portugal	31,49	Russie	
Italie	28,65	d'Europe	8,14
Espagne	20,17	Nlle-Zélande	7,96
Grèce	17,2	Australie	7,90
Hongrie	16,07	Suède	7,81
Suisse	15,38	Pays-Bas	7,16
Belgique	12,76	Canada	6,37
Etats-Unis	11,39	Roumanie	5,83
Gde-Bretagne	10,25	Norvège	3,23
Autriche	10,02	Terre-Neuve	2,85
Allemagne	9,79	Finlande	2,22
Danemark	9,17	Bulgarie	1,72

Les résultats principaux obtenus par les chiffres indicateurs définitifs sont à peu près les mêmes que les résultats obtenus par les chiffres de la consommation actuelle. Les pays du vin continuent à présenter la situation la plus défavorable; les pays de l'eau-de-vie offrent les chiffres les plus favorables; les pays de la bière, notamment la Belgique, la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, occupent une situation intermédiaire.

M. Gabrielsson termine là ses conclusions, ayant voulu faire uniquement œuvre scientifique de démographe et de statisticien. Aux hygiénistes, aux économistes et aux sociologues de tirer maintenant les conséquences qui en découlent au point de vue de la défense contre l'alcoolisme.

A. Wauclin.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Milhaud (Georges) et **Pouget** (Edouard), *Professeurs de Mathématiques spéciales à Nîmes et Montpellier.* — **Cours de Géométrie analytique.** *Tome II.* **Géométrie à trois dimensions.** — *Un volume grand in-8° de 420 pages avec 164 figures (Prix : 12 fr.). Félix Alcan, éditeur. Paris, 1915.*

Comme la première partie, parue l'an dernier (*Revue générale des Sciences*, 30 avril 1914), le présent volume est adapté aux plus récentes modifications des programmes des classes de Mathématiques spéciales, et les qualités de clarté, de précision, le souci de la généralité dans les raisonnements s'y retrouvent et dans un domaine plus difficile. L'ouvrage est très développé et peu de théories offrant quelque intérêt y sont omises. Il débute par les généralités sur les Coordonnées, le Plan et la Ligne droite, la Sphère. Puis vient l'étude capitale des Surfaces et des Courbes, celles-ci étant d'abord définies analytiquement, c'est-à-dire données soit par leurs équations, soit par une de leurs représentations paramétriques, puis, inversement, considérées comme définies par des conditions géométriques; on cherche alors leurs représentations analytiques. Ne sont pas traitées, toutefois, les surfaces définies par une propriété conduisant à des équations différentielles. Suit la classification complète des quadriques, puis la Théorie importante des centres et diamètres, la Réduction de l'Equation, l'étude des propriétés détaillées des Cônes, Cylindres, Ellipsoïdes, etc. (sur l'Equation réduite en axes rectangulaires) et enfin les Théorèmes essentiels sur la détermination et l'intersection des quadriques. Le volume se termine par des notions élémentaires sur les Transformations des figures, notions n'appartenant pas au programme en vue duquel le livre a été écrit, mais qui en sont un complément destiné à ceux qui possèdent déjà le maniement des méthodes de la Géométrie analytique. Ce sont surtout : les transformations ponctuelles, homographiques, par inversion, dualité, etc.

A la fin de chaque chapitre important, se trouvent des énoncés de Problèmes et Exercices au nombre considérable de 283, comprenant entre autres ceux donnés aux Concours d'admission à l'Ecole polytechnique et à l'Ecole Normale supérieure, depuis 1904.

Ed. Demolis,
Professeur à l'Ecole professionnelle de Genève.

Relatorio do Observatorio Campos Rodriguez em Lourenço Marques. Ano de 1914. *Volume VI. — 1 vol. in-4° de 165 p. Imprensa nacional, Lourenço Marques*, 1915.

Ce volume renferme, outre les observations astronomiques et météorologiques habituelles de cet Etablissement, les résultats de la détermination exacte de la longitude (par des observations de transmission de l'heure) et de la latitude (par des observations de hauteurs méridiennes d'étoiles fondamentales) de la ville de Beira :

long. 34° 50′ 8″,55 E. Greenwich
lat. 19° 49′ 51″,5

2° Sciences physiques

Rey (Jean), *Ingénieur civil des Mines, lauréat de l'Institut.* — **De la portée des projecteurs de lumière électrique.** — *Un vol. in-8° de* XII-*150 pages avec 27 figures dans le texte et 6 planches hors texte (Prix : 7 fr.50). Berger-Levrault, éditeurs, Paris et Nancy*, 1915.

La théorie des projecteurs et la question de l'éclairage des objectifs éloignés ont été l'objet d'importantes études depuis une vingtaine d'années. Il était utile de mettre aujourd'hui les résultats de ces études à la disposition des techniciens, et notamment des officiers qui, actuellement, font un usage très étendu des projecteurs. C'est ce qu'a fait M. Jean Rey dans le volume qu'il vient de publier et qui contient les résultats des essais qu'il a poursuivis pendant de longues années. Un des mérites de cet ouvrage, qui a été déjà signalé ici même[1], est de préciser les conditions d'emploi des projecteurs et de mettre rapidement les officiers qui le liront à même de profiter des recherches faites jusqu'ici sur la portée des projecteurs.

L'ouvrage est divisé en deux parties principales. La première partie est relative à l'étude des divers organes constituant le projecteur et à leur détermination en vue de faire donner au projecteur le maximum d'éclairement.

La deuxième partie étudie les élements externes, c'est-à-dire les caractéristiques du milieu dans lequel on utilise le projecteur, et leur influence sur la portée théorique. Le problème qui fait l'objet de cette seconde partie, d'une très grande complexité, a été étudié mathématiquement par M. Blondel, qui en a donné une solution théorique. Mais cette solution exige la détermination d'un assez grand nombre de coefficients, ce qui représente un travail très important. M. Rey a tourné la difficulté très heureusement, à l'aide de la notion de l'éclairement équivalent, qui rend utilisables les résultats obtenus, et permet même aux officiers de les compléter par la détermination expérimentale des coefficients convenables.

Pour l'application pratique de la loi des portées, M. Rey donne plusieurs abaques d'usage facile, qui permettent de résoudre aisément les problèmes qu'on peut avoir à étudier. D'autre part, il étudie la variation des portées avec le calibre du projecteur et avec la transparence atmosphérique, et donne des courbes résumant les résultats de cette étude.

On voit donc tous les services que cet ouvrage peut rendre aux officiers qui ont à faire usage des projecteurs.

P. C.

Chamot (Emile Monnin), *Professeur à l'Université Cornell.* — **Elementary chemical Microscopy.** — *1 vol. in-8° de 410 p. avec 139 fig. (Prix cart. : 3 dollars ou 12 sh. 6d.) Editeurs : John Wiley and Sons, New-York, et Chapman et Hall, Londres*, 1915.

Tandis que le spectromètre, le polarimètre et le réfractomètre sont fréquemment employés dans les laboratoires de Chimie, le microscope moderne est plutôt délaissé, parce qu'on ignore en général les services considérables qu'il peut rendre à la recherche et à l'analyse. Les travaux du chimiste hollandais Behrens ont cependant montré, depuis plus de 20 ans, quelle énorme économie de temps, de travail, de matériaux et d'espace procure l'analyse qualitative microscopique, tout en étant beaucoup plus sensible et conduisant à des résultats plus certains que l'analyse ordinaire.

C'est pour vulgariser l'emploi de l'analyse microchimique que l'auteur a rédigé cet ouvrage.

Une moitié environ est consacrée à la description de la technique, et l'on y trouvera des indications très claires sur les objectifs et oculaires, les microscopes en usage dans les laboratoires chimiques, l'éclairage des objets, les ultramicroscopes, l'examen des objets opaques (microscopes métallurgiques), les accessoires du

1. Voir la *Revue* des 15-30 septembre 1915, p. 518.

microscope et l'équipement des laboratoires de microchimie, les mesures micrométriques, l'emploi du microscope polarisant, la détermination de l'indice de réfraction au moyen du microscope, l'analyse quantitative par le microscope, la détermination des points de fusion et de sublimation, les méthodes de traitement des très petites quantités de substances, la préparation des objets opaques pour l'examen microscopique.

La seconde partie expose les méthodes proprement dites de l'analyse microchimique qualitative, les réactifs à employer et les réactions caractéristiques des éléments et des acides communs à l'état de mélanges simples. L'auteur indique un grand nombre d'expériences de laboratoire à faire effectuer par les étudiants, afin de les familiariser avec ce mode d'analyse ; la pratique de celle-ci suppose naturellement la connaissance des premiers principes de la Cristallographie.

Il serait à souhaiter que l'emploi de l'analyse microchimique, déjà courant dans d'autres pays grâce à d'excellents traités comme ceux de Behrens, Emich, Donau, etc.., se développât en France et que notre littérature fût dotée d'un bon manuel semblable à celui de M. Chamot.

S. Lorier.

3° Sciences naturelles

Terroine (Em. F.). — **Données numériques de Biologie :** Biochimie, chimie physique biologique, physiologie, microbiologie, pharmacodynamie (Extrait du vol. III, année 1912 des *Tables annuelles de constantes et données numériques*). — *1 vol. in-4° de 20 p.* (Prix cart. : 4 fr.) *Paris, Gauthier-Villars et Cie, Masson et* Cie, 1914.

L'importante publication des *Tables annuelles de constantes*, que dirige avec tant de soin M. Charles Marie, s'est enrichie récemment d'un fascicule consacré à la Biologie.

Ce facicule est l'œuvre de M. Em. F. Terroine ; il comprend des données numériques relatives à la Biométrique (en assez petit nombre), à la Physico-chimie biologique, à la Biochimie (composition des organismes, composition des organes, composition des tissus, composition des produits de sécrétion, constituants des organismes), à la Microbiologie, à la Pharmacodynamie, à la Physiologie (énergétique, métabolisme, débit sanguin dans les organes, respiration, sécrétion urinaire, et chronaxie des nerfs [d'après les recherches de deux élèves de Lapicque]. Tous ces chiffres utiles sont assez bien groupés. Aussi les physiologistes pourront-ils consulter avec profit ce fascicule.

Lloyd (R. E.), *M. B., D. Sc., Professeur de Biologie au Collège médical de Calcutta.* — **What is Adaptation?** — *1 vol-in-8° de XII-110 pages (Prix : 2 sh. 6 d). Longmans, Green and Co, éditeurs, Londres*, 1914.

Ce petit ouvrage n'a aucune prétention scientifique. C'est une simple causerie philosophique, inspirée surtout des idées du professeur Bergson, ainsi que nous le déclare l'auteur. C'est en vain qu'on y chercherait des vues nettement personnelles sur l'adaptation.

Le but que se propose M. Lloyd est de montrer que l'adaptation ne nécessite aucune définition, aucune explication. Les êtres vivants ont en eux une certaine « adaptabilité » innée. S'il n'en était pas ainsi, ils ne pourraient pas vivre. Cette « adaptabilité » doit être simplement considérée comme l'un des attributs de la vie. L'homme, qui fait lui-même partie intégrante de la vie, ne saurait en donner une explication ou une définition. M. Lloyd estime qu'un grand nombre de penseurs, depuis Socrate jusqu'à Darwin, ne se seraient point sentis pénétrés d'une profonde admiration au sujet de l'adaptation s'ils s'étaient inspirés de cette idée que l'adaptation, comme la vie, « contient en elle-même sa définition, et qu'elle est sa propre explication ». C'était déjà l'opinion des anciens philosophes de l'Inde avant la naissance de Bouddha.

M. Lloyd appartient donc au camp vitaliste. Il semble se rallier nettement aux idées de Bergson. Il irait même jusqu'à admettre cette opinion exprimée dans l'*Evolution créatrice* : Chaque espèce, chaque individu peut-être, détient une certaine fraction de l'impulsion vitale universelle, et tend à utiliser cette énergie dans son propre intérêt ; en cela consisterait l'adaptation.

Edmond Bordage,
Docteur ès sciences.

Wood (T. B.) et **Hopkins** (F. G.), *Professeurs à l'Université de Cambridge.* — **Food economy in war time** (Les économies alimentaires en temps de guerre). *1 broch. in-8° de 35 p. (Prix : 6 p.). Cambridge, University Press*, 1915.

Le besoin de réaliser des économies dans l'alimentation se manifeste de plus en plus dans la population des divers pays belligérants. Chez nos voisins anglais, en particulier, qui consacrent par an quelques 15 milliards à leur nourriture, les autorités ont à plusieurs reprises attiré l'attention sur le fait qu'une diminution des dépenses, ne fût-ce que d'un dixième, sur ce chapitre, augmenterait considérablement les réserves du pays.

Il y a deux moyens d'opérer des économies : en mangeant moins, ou en consommant des aliments qui coûtent moins cher à valeur nutritive égale. Le premier parti n'est pas applicable à tous : il y a beaucoup de gens qui, par la faiblesse de leurs salaires, sont déjà limités à un minimum de consommation ; mais, pour un grand nombre d'autres, qui ne sont pas astreints à des efforts physiques soutenus, une diminution d'alimentation (en particulier en viande) est possible sans danger. C'est toutefois la seconde méthode qui parait susceptible de l'application la plus étendue, et c'est pour guider le public dans le remplacement des aliments chers par d'autres à meilleur marché que MM. Wood et Hopkins ont écrit la petite brochure que nous allons analyser.

Un premier chapitre est consacré à quelques notions fondamentales sur les deux fonctions distinctes des aliments : créer de l'énergie, qui se mesurera par le nombre de calories qu'ils développent par combustion, et réparer le corps humain, ce qu'ils feront d'autant mieux qu'ils seront plus riches en protéine. Les auteurs donnent ensuite des tables des valeurs nutritives des principaux aliments et de leur prix de revient par livre de protéine qu'ils contiennent et par millier de calories produites dans leur combustion ; l'examen de ces tables fait ressortir immédiatement quels sont les aliments les plus économiques. Dans un 3e chapitre, on trouvera une étude plus détaillée de la valeur nutritive et du prix de certains aliments importants : viande de boucherie, poisson, produits de la laiterie, œufs, pain, farine de blé, farine d'avoine, farineux, riz, végétaux frais. La brochure se termine par l'examen d'un certain nombre de budgets d'alimentation typiques et les réflexions qu'ils suggèrent.

Ce petit opuscule, tout en conservant une base rigoureusement scientifique, a été mis par les auteurs à la portée du public avec un réel succès, et il rendra sans nul doute de grands services en Angleterre. Il serait à souhaiter qu'un travail analogue, conçu en tenant compte des conditions d'actuelles de l'alimentation en France, soit rédigé à l'usage de notre peuple, sous une forme aussi claire et à un prix aussi abordable.

V. L.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 Décembre 1915

M. **A. d'Arsonval** est élu vice-président pour l'année 1916.

1° Sciences mathématiques. — M. **M. Brillouin** : *Les problèmes de la Physique mathématique et leur solution numérique générale.* L'auteur montre comment on peut construire des séries qui se prêtent au calcul numérique des solutions de tous les problèmes de Physique mathématique définis par une ou plusieurs équations aux dérivées partielles linéaires, quelle que soit la forme de la surface limite. — M. **G. Bigourdan** : *Jean de Lignières : sa nationalité et ses œuvres.* Une ancienne tradition place la renaissance de l'Astronomie en Europe au xve siècle et l'attribue à Purbach et à Regiomontan. L'auteur montre qu'elle s'était déjà produite au moins un siècle auparavant et que Jean de Lignières y avait bien contribué. S'il est resté peu connu, tandis que l'honneur était attribué aux deux astronomes allemands, c'est que ceux-ci ont été favorisés par l'invention de l'imprimerie, arrivée de leur temps, alors que les œuvres de Lignières, en retard nécessairement, restèrent cachées dans quelques bibliothèques à l'état de manuscrits. Jean de Lignières paraît avoir été Picard, du diocèse d'Amiens.

2° Sciences physiques. — M. **Ed. Branly** : *Conductibilité d'une mince couche d'air entre deux surfaces métalliques.* L'auteur a déterminé la conductibilité des couches gazeuses localisées dans les vides que laissent des cercles détachés à l'emporte-pièce dans une mince lame isolante (mica), intercalée entre deux disques plans métalliques; l'ensemble des disques et de l'isolant qui les sépare est serré entre le piston et la plate-forme d'une presse à gaz comprimé. La conductibilité pour un courant continu d'une couche d'air comprise entre deux métaux dont la différence de potentiel est de 1 volt n'apparaît guère si l'épaisseur atteint 10 μ; elle s'accentue à mesure que l'épaisseur diminue, surtout vers 5 μ et 4 μ. En augmentant le voltage, la conductibilité augmente rapidement. Une étincelle à distance augmente la conductibilité si elle n'est pas trop forte. Un petit choc rétablit la résistance, et une conductibilité même très accentuée disparaît. Lorsqu'un accroissement de conductibilité a été provoqué par une étincelle et qu'un choc approprié a réduit cet accroissement, la répétition de la même étincelle, puis du même choc, à intervalles à peu près réguliers, reproduit les mêmes alternatives. — M. **G. Gouy** : *Sur la catoptrique des rayons X.* L'auteur montre théoriquement qu'on peut produire des foyers réels de rayons X en utilisant le phénomène de la réflexion par les lames cristallines et en donnant à ces dernières (lames de mica, par exemple) la forme d'un tronc de cône ou d'un cylindre tangent à l'ellipsoïde de révolution ayant pour foyers le point d'émission des rayons X et celui où l'on veut former l'image de ce point. — M. **A. Targonski** : *Sur la valeur de la charge de l'électron déduite du calcul des écarts browniens.* Les chiffres obtenus par le calcul des écarts browniens pour la charge de l'électron se rapprochent d'autant plus du nombre de Millikan que le gaz est plus raréfié et que la particule a un plus petit rayon. Il semble en résulter que la théorie actuelle du mouvement brownien ne s'applique en toute rigueur qu'au cas où le rayon des particules est petit en comparaison des libres parcours moyens des molécules du gaz ambiant. — MM. **J. Danysz** et **L. Wertenstein** : *Tentative faite pour influencer la vitesse des transformations radioactives par les rayons α.* Les auteurs ont recherché si le bombardement par un rayonnement α aussi intense que possible est susceptible d'amener un accroissement de la vitesse de transformation de U I en U X^1 ou de Mesth I en Mesth II. Les résultats ont été absolument négatifs. — M. **Alb. Colson** : *Contradictions entre la solubilité réelle et calculée de certains sels sodiques.* L'auteur a reconnu expérimentalement l'existence d'une discordance entre le signe de la chaleur d'équilibre et la solubilité du carbonate de soude anhydre ou du sel marin. Il en résulte que la loi de solubilité ne semble pas être une loi rationnelle. — MM. **L. Tschugaeff** et **I. Tschernjaeff** : *Sur la série de triaminoaquosels du platine bivalent* [Pt. 3 NH^3. OH^2] X^2. En faisant passer un courant d'air dans une solution du chlorure [Pt. 2 NH^3. 2 NH^2 OH] Cl^2, il se produit une oxydation avec formation d'un précipité cristallin, soluble en partie dans l'acide sulfurique. La solution donne, par addition d'un chloroplatinite soluble, un précipité cristallisé en aiguilles vertes, qui est le chloroplatinite de l'aquobase [Pt. 3 NH^3.H^2O] $(OH)^2$. Le sulfate a probablement la formule [Pt. 3 NH^3. HO^2] SO^4.

3° Sciences naturelles. — M. **C. Sauvageau** : *Sur la sexualité hétérogamique d'une Laminaire* (Saccorhiza bulbosa). Le *Saccorhiza* (et probablement toutes les Laminaires) présente une sexualité hétérogamique avec alternance de générations. La grande plante connue sous ce nom est un sporophyte porteur de sporanges uniformes. Chaque sporange fournit des zoospores identiques entre elles, qui, après leur transformation en embryospores, deviennent autant de gamétophytes mâles ou de gamétophytes femelles de taille microscopique et à vie indépendante. L'oosphère, expulsée du gamétophyte femelle, puis fécondée, germe aussitôt et fournit la plantule qui deviendra la Laminaire. — M. **J. Deprat** : *Sur la découverte du Cambrien moyen et supérieur au Tonkin, au Kwang-Si et dans le Yunnan méridional.* L'auteur a découvert récemment le Cambrien moyen et le Cambrien supérieur près du point de rencontre des frontières du Tonkin et des provinces chinoises du Kwang-si et du Yunnan. Ils sont formés d'une alternance de bancs calcaires oolithiques, d'une épaisseur totale d'environ 2.000 m. en continuité directe avec l'Ordovicien. Les affinités des fossiles recueillis sont avec le Cambrien moyen et supérieur de Mandchourie, qui aurait donc eu une immense extension géographique. Le Cambrien complet d'Indo-Chine et du Yunnan atteint au minimum 5.000 à 6.000 m. d'épaisseur.

Séance du 27 Décembre 1915

Séance publique annuelle. M. **G. Darboux** lit un Rapport sur les concours de 1915. — M. le Président proclame les noms des lauréats des prix décernés par l'Académie.

Séance du 3 Janvier 1916

M. le Président annonce le décès de Sir **Henry Roscoe**, Correspondant pour la Section de Chimie.

1° Sciences mathématiques. — M. **P. Appell** : *Sur les liaisons cachées et les forces gyroscopiques apparentes dans les systèmes non holonomes.* Dans la recherche d'une représentation mécanique d'un phénomène, on ne peut *a priori* admettre que les liaisons cachées sont d'une nature spéciale : on doit donc, pour embrasser le cas le plus général, supposer que ces liaisons ne sont pas holonomes et employer, non les équations de Lagrange ni les équations canoniques, mais les équations générales comme celles qui résultent de la considération de l'énergie d'accélération. Si l'on emploie à tort les équations de Lagrange, l'auteur montre qu'on

est amené à introduire, en plus des forces réellement appliquées, des forces *apparentes*, qui, d'après la terminologie de Sir W. Thomson, sont des forces *gyroscopiques*, comme celles qui se présentent dans certains phénomènes électromagnétiques. — **M. J. Comas Sola**: *Sur quelques applications astronomiques de la photographie stéréoscopique. Description d'un appareil spécial, le stéréogoniomètre.* En vue de faciliter l'application de la photographie stéréoscopique à l'étude du mouvement propre des étoiles (voir t. XXVI, p. 529), l'auteur a construit un petit appareil, dit *stéréogoniomètre*, qui donne l'angle de position du maximum de relief ou de creux, c'est-à-dire la direction et le sens du mouvement des étoiles relativement brillantes rapportées au plan des étoiles les plus faibles et que, logiquement, on doit supposer bien plus éloignées. Au moyen de cet appareil très précis, l'auteur a pu voir et fixer l'angle de position du mouvement propre d'un grand nombre d'étoiles, notamment dans les constellations d'Antinoüs, d'Andromède, des Pléiades, etc.

2° Sciences physiques. — **M. H. Le Chatelier** : *Sur les lois de la dissolution.* L'auteur examine les récentes communications de M. Colson sur ce sujet (t. XXVI, p. 594, 626, 721, et t. XXVII, p. 65) et montre que ses conclusions aboutiraient à la réalisation du mouvement perpétuel. Les expériences effectuées sont sujettes à de nombreuses causes d'erreurs, et les corrections à apporter de ce fait changent le sens des résultats, qui confirment alors les lois connues plutôt qu'ils ne les infirment. — **MM. L. Tschugaeff** et **W. Lebedinski** : *Sur une série nouvelle de composés platiniques analogues aux sels de Cossa.* Les auteurs ont constaté que les eaux mères résultant de l'action de l'acétonitrile sur le chloroplatinite de potassium renferment, en même temps que l'excès de ce dernier, un autre corps également soluble dans l'eau, précipitable par le chlorure de la première base de Raiset sous forme du sel double $[Pt\,4\,NH^3]\,[Pt.\,Cl^3.\,CH^3\,CN]^2$, analogue aux sels de Cossa. L'acétonitrile se comporte donc vis-à-vis des chloroplatinites solubles d'une façon tout à fait analogue à l'ammoniaque et aux amines organiques.

3° Sciences naturelles. — **M. Paul Godin** : *Formule individuelle de croissance physique pour les enfants des deux sexes.* L'auteur caractérise la croissance physique des enfants par deux rapports : le rapport O/V du volume des membres à celui du tronc, et le rapport C/V du volume du crâne à celui du tronc. Ces deux rapports ont pour chaque âge une valeur moyenne normale; par exemple, pour un enfant moyen de 13 ans et demi, $O/V = 12,2$ et $C/V = 4,5$. La différence entre la formule individuelle d'un enfant et celle de l'enfant moyen du même âge permet de tirer des conclusions sur la croissance de cet enfant. — **M. Jules Regnault** : *Un cas de cordons thoraciques latéraux, vestiges embryonnaires probables de la bande de Wolf chez un homme.* L'auteur a observé sur un matelot, de chaque côté du thorax, un cordon saillant étendu du bord postérieur de l'aisselle à l'os iliaque, près de l'articulation sacro-iliaque, suivant la ligne qu'a dû occuper la bande de Wolf chez l'embryon. Cette anomalie paraît jusqu'à présent unique dans la littérature. — **M. M. Mendelssohn** : *Sur la galvanotaxie des leucocytes.* Les recherches de l'auteur montrent que le leucocyte est doué non seulement d'une irritabilité électrique propre, pour ainsi dire cytoplasmique, mais aussi d'une irritabilité galvanotaxique grâce à laquelle le courant galvanique peut orienter la locomotion du globule blanc dans un sens déterminé (reptation vers la cathode tant que le courant reste fermé). — **M. P. Delbet** : *Action des antiseptiques sur le pus.* L'auteur a cultivé divers microbes dans du pus stérilisé par différents antiseptiques. Dans les pyocultures traitées en particulier par l'hypochlorite, alors que les microbes sont détruits dans des parties étendues des préparations, ils sont extrêmement nombreux en certains points, même plus que dans les pyocultures témoins. C'est le streptocoque surtout qui présente ces colonies exubérantes. L'auteur pense que l'hypochlorite se combine avec certains éléments du pus de manière à former des substances qui sont très favorables aux microbes. L'œuf battu, milieu médiocre, devient, en effet, lorsqu'il a été traité par l'hypochlorite, un milieu bon pour le staphylocoque et excellent pour le streptocoque. — **MM. C. Houlbert** et **C. Galaine** : *Sur le chambrage des huîtres et sur l'infection possible des chambres par le fait d'une Annélide tubicole parasite de la coquille.* Les auteurs montrent que le chambrage des huîtres n'est pas, comme on l'a cru jusqu'ici, un accident pathologique; c'est la persistance d'une propriété ancestrale dont les manifestations les plus remarquables se sont rencontrées chez les Rudistes de l'époque crétacée et chez tous les Ostréidés à long crochet. Les chambres peuvent être infectées par le fait d'une Annélide tubicole parasite, qui creuse entre les couches de nacre de la coquille des canaux très allongés à trajet sinueux. Par ces canaux, la vase peut pénétrer à l'intérieur des chambres, en amenant des bactéries qui sont le point de départ d'une infection intense, qui rend l'huître impropre à la consommation. — **MM. D. de Orueta** et **S. Piña de Rubies** : *Sur la présence du platine en Espagne.* Le massif de Ronda, en Andalousie, est constitué par une série de roches péridotiques, en particulier de dunites. Comme cette dernière roche est la gangue normale du platine dans l'Oural, les auteurs ont examiné les alluvions concentrées prises au contact de ces gisements et y ont trouvé une moyenne d'environ 3 gr. de platine par m^3 de sable. Le massif de Ronda semble donc devoir constituer un gisement important de ce métal précieux.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 21 *Décembre* 1915

M. Bouchardat est élu vice-président pour l'année 1916.

MM. **Lannois** et **F. Chavannes** : *Le pronostic des surdités de guerre* (d'après 1000 cas). Le pronostic des surdités de guerre dépend : 1° de l'état antérieur de l'appareil auditif, les sujets atteints d'otite moyenne purulente chronique ou de sclérose déjà marquée fournissant, après la commotion labyrinthique par éclatement d'obus, une proportion de surdités ou d'hypoacousies incomparablement plus considérable que les sujets sains ; 2° de l'existence ou non d'un traumatisme direct du crâne, la surdité étant habituelle dans les mastoïdites traumatiques, fréquente dans les traumatismes du massif facial au voisinage de l'oreille, rare dans les fractures de la voûte cranienne. Il s'agit alors généralement de surdité unilatérale. En l'absence de traumatisme direct, la commotion labyrinthique entraîne rarement la surdité; sur 615 cas de commotion labyrinthique avec et sans rupture tympanique, les auteurs n'ont eu que 2 °/₀ de surdité bilatérale définitive.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 18 *Décembre* 1915

M. S. Voronoff : *Contribution expérimentale à l'étude des greffes articulaires.* L'auteur a recherché, sur des chiens de grande taille, si une articulation peut être greffée au même titre qu'un os. Une asepsie rigoureuse est une condition indispensable du succès de l'opération. Six chiens, dont l'opération remonte à 5 et 6 mois, marchent aujourd'hui et courent avec leurs articulations greffées, sans la moindre boiterie. Trois d'entre eux ont été sacrifiés et leurs articulations greffées soumises à l'examen histologique par M. Retterer. Cet examen a montré que le cartilage s'est transformé en partie en tissu conjonctif, au milieu duquel on trouve de nombreux îlots et même des zones de cellules cartilagineuses ; cette évolution partielle n'a pas influé sur la fonction de l'articulation, qui est demeurée mobile. — **M. W. R. Thompson** : *Sur la biologie de deux Tachinaires*

à stade intramusculaire (*Plagia trepida* Meig. et *Sturmia scutellata* Rond.). Les larves de ces deux Tachinaires se développent dans les fibres musculaires de l'hôte; mais elles y provoquent des modifications tout à fait différentes. La réaction de la fibre musculaire déterminée par la larve de *Sturmia* ressemble à une véritable hypertrophie, tandis que la larve de *Plagia* détermine tout simplement la mort et la désagrégation rapide. Autrement dit, la fibre hébergeant une larve de *Sturmia* est vivante et s'accroît; la fibre contenant une larve de *Plagia* est morte et se décompose. Aussi dans le premier cas, les phagocytes ne s'accumulent que peu ou point autour de la fibre, tandis qu'ils sont attirés, au contraire, en grand nombre par les fibres contenant des *Plagia*. — MM. **A.-Ch. Hollande** et **J. Gaté** : *Lait éthérifié comme milieu de culture et de différenciation des bacilles du groupe Coli-Eberth.* Le lait éthérifié présente les mêmes propriétés culturales que le lait ordinaire. Il offre de plus sur ce dernier les avantages que lui donne l'absence de matières grasses : pénétration facile de l'oxygène de l'air dans le liquide et utilisation possible du lait stérilisé après plusieurs semaines. Le coagulum formé en présence de certains microbes (colibacille par exemple) est beaucoup plus net qu'avec le lait ordinaire et la lecture en est rendue plus aisée. En outre, après addition de tournesol et de rouge neutre, on obtient des milieux de culture qui permettent de différencier par l'emploi d'un même liquide nutritif les bacilles du groupe coli-Eberth. — M. **L. Roule** : *Les migrations erratiques des Poissons du genre Mugil.* Les *Mugil* offrent un nouvel exemple de la distinction que l'auteur a établie chez les thons : ils effectuent en été des migrations génétiques, dont la cause déterminante principale semble liée à la recherche d'un milieu plus riche en oxygène dissous, et en hiver des migrations erratiques, dont la cause correspondante paraît se rattacher à la recherche d'une température moins basse. — M. **Cl. Gauthier** : *Sur l'action anticoagulante du suc hépatopancréatique des Crustacés.* Le suc hépatopancréatique d'écrevisse est capable d'empêcher la coagulation du fibrinogène du plasma par le sérum, c'est-à-dire par une liqueur renfermant de la thrombine. Ce suc peut donc agir en présence de thrombine. — MM. **M. Weinberg** et **P. Séguin** : *Deux cas de gangrène gazeuse consécutifs à la ligature des gros vaisseaux.* La ligature des gros vaisseaux favorise l'éclosion de la gangrène gazeuse, même lorsqu'on lie les vaisseaux très longtemps après la blessure (2e cas : 23 jours). Ce danger n'est pas en rapport absolu avec l'abondance, dans la plaie, de microbes anaérobies dangereux. Dans le 2e cas, les conditions provoquées par la ligature (œdème de la jambe et mauvaises conditions de nutrition des tissus) ont suffi pour provoquer la pullulation et réveiller l'action pathogène des quelques rares *B. perfringens* encore présents dans la plaie.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 18 *Novembre* 1915

1° Sciences mathématiques. — M. **C. H. Lees** : *Effet de la forme de la section transversale sur la résistance au mouvement d'un corps allongé, parallèlement à sa longueur, dans un fluide dont la viscosité n'est pas négligeable.* Quand un corps très allongé se meut dans un fluide parallèlement à sa longueur, la résistance due à la viscosité du fluide varie considérablement avec la forme aussi bien qu'avec la grandeur de la section transversale du corps. L'auteur a calculé les valeurs de la résistance totale et de la résistance par unité de surface de contact avec le fluide dans les cas suivants : A) fluides en mouvement dans des tubes : 1° tuyau de section circulaire avec un noyau concentrique; 2° tuyau de section elliptique; B) corps longs se mouvant dans des fluides : 1° corps de section elliptique, avec section circulaire ou se réduisant à une ligne droite comme cas-limites; 2° corps de section rectangulaire, avec section carrée ou en ligne droite comme cas-limites; 3° corps à section en ligne droite avec une quille projetante dont la longueur est dans la direction du mouvement. Dans tous les cas, tant que le fluide se meut suivant la ligne de courant, la loi de résistance peut être exprimée sous une forme simple. Il serait désirable d'effectuer des mesures de la résistance quand le mouvement est turbulent, pour déterminer jusqu'à quel point ces lois sont utilisables dans la pratique de l'art de l'ingénieur.

2° Sciences physiques. — **Lord Rayleigh** : *La théorie du tube capillaire.* L'auteur a cherché à remédier à quelques lacunes de la théorie mathématique du tube capillaire, signalées récemment par Richard et Coombs. Dans le meilleur dispositif expérimental, un tube large et un tube étroit sont réunis par en bas, et l'on mesure les différences entre les niveaux des deux parties inférieures des deux ménisques. Dans l'interprétation des résultats pour la déduction de la tension superficielle du liquide, deux problèmes se présentent : 1° comment tenir compte du poids du ménisque dans le tube étroit; 2° quel est le diamètre nécessaire pour le tube large afin que l'élévation due à la courbure de la surface liquide soit négligeable. Le premier problème a été considéré par Poisson, mais ses résultats dans le seul cas réellement important (quand le liquide mouille les parois du tube) ont été contestés. L'auteur confirme et étend la formule de Poisson. Si r est le rayon du tube, h la hauteur mesurée du ménisque au-dessus du niveau plan réel, T la tension superficielle, g la pesanteur et ρ la densité du fluide, on a :

$$\frac{2T}{g\rho . r} = h + \frac{r}{3} - 0,1288\frac{r^2}{h} + 0,1312\frac{r^3}{h^2},$$

avec une approximation suffisante pour les besoins expérimentaux. Les deux premiers termes de droite correspondent à l'hypothèse d'une surface sphérique, qui est légitime quand r est assez faible. Une solution complète du second problème est plus difficile. Mais il est aisé de montrer théoriquement que les diamètres généralement employés pour le tube large (2,5 ou 3 cm.) sont tout à fait insuffisants, au moins dans le cas de l'eau, comme l'ont déjà trouvé expérimentalement Richard et Coombs. Le tube plus large (3,8 cm.) employé par ces savants est encore insuffisant pour profiter de la précision actuelle des lectures; un calcul approximatif du diamètre nécessaire dans ce but donne 4,7 cm. — M. **S. W. Richardson** : *Le flux de l'électricité à travers les diélectriques.* Curie, Hopkinson et d'autres ont montré qu'en chargeant un condensateur au moyen d'une batterie de f.é.m. constante, le courant de charge diminue quand le temps de charge croît. L'auteur a vérifié ce résultat sur les diélectriques : verre, paraffine, ébonite, quartz, spath d'Islande. Il a trouvé également que, pendant la charge, si l'on réduit subitement à E′ la f.é.m. appliquée E, pourvu que E′ soit plus grand qu'une certaine valeur P, un courant traverse l'échantillon dans la même direction que le courant primitif, tandis que si E′ est inférieur à P, un courant passe (pendant quelque temps) dans la direction opposée au courant de charge. P, considéré comme la mesure de la f.é.m. de polarisation du diélectrique dans ces conditions, augmente avec la durée de charge, d'abord très rapidement, puis plus lentement. L'auteur a calculé la vitesse dQ/dt avec laquelle la charge s'accumule dans un échantillon de quartz coupé perpendiculairement à l'axe optique et un échantillon de spath d'Islande coupé parallèlement à un plan de clivage. Cette quantité est reliée à E et à P, au courant de charge γ et à la résistance électrique vraie R du diélectrique par la formule :

$$\gamma = \frac{dQ}{dt} + \frac{E - P}{R}.$$

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 12 Novembre 1915

MM. **J. A. Fleming** et **P. R. Coursey** : *L'effet des oscillations électriques sur les propriétés magnétiques du fer, étudié au moyen du campographe*, Le campographe est un appareil pour photographier et tracer les courbes physiques, dû à J. Fleming. Au moyen d'une forme perfectionnée de cet instrument, les auteurs ont étudié l'effet des oscillations électriques sur l'hystérèse et la perméabilité du fer. Voici les résultats obtenus : 1° quand un fil de fer traverse lentement un cycle magnétique et qu'on lui applique également une force magnétisante de haute fréquence superposée, si la valeur maximum de la force magnétique longitudinale lentement périodique ne dépasse pas une certaine valeur, l'effet des oscillations est d'augmenter la surface de la boucle dhystérèse et d'accroître la magnétisation aux extrémités du cycle. 2° Si la force périodique lente a une grande valeur maximum, alors la surface de la boucle d'hystérèse diminue, mais la magnétisation maximum ne varie pas. 3° L'augmentation de la surface de la boucle d'hystérèse est généralement moindre pour les oscillations de haute fréquence que pour celles de basse fréquence, car dans le dernier cas le flux oscillatoire pénètre plus loin dans le fil de fer. 4° Si l'on fait passer des courants oscillatoires le long du fil de fer, en déplaçant en même temps le fil lentement à travers un cycle magnétique longitudinal à courant continu, quand le courant oscillatoire a une faible r. m. s., les effets sont généralement similaires à ceux que produisent les forces magnétiques oscillatoires longitudinales. Si le courant oscillatoire est relativement fort, alors il a pour effet de réduire l'hystérèse et la magnétisation aux extrémités du cycle. Cette dernière action est due à la magnétisation circulaire produite par le courant longitudinal, qui saisit les molécules magnétiques du fer et empêche leur colinéation longitudinale, réduisant ainsi l'hystérèse. On observe le même effet quand un courant continu longitudinal passe le long d'un fil de fer. 5° L'effet de la superposition à une force magnétique longitudinale continue faible d'une force magnétique alternative à oscillations amorties ou non amorties est une forte augmentation de la perméabilité aux extrémités du cycle, pourvu que la force oscillatoire ne dépasse pas une certaine valeur. Au delà, il y a diminution.

Séance du 26 Novembre 1915

M. **J. Guild** : *L'obtention et le maintien d'un spectre d'hydrogène brillant.* La rapide détérioration des tubes employés à la production d'un spectre d'hydrogène brillant, tel qu'on l'utilise en réfractométrie, est causée par une élévation de pression due au dégagement d'hydrogène par les électrodes. On peut empêcher cette perturbation en scellant un tube auxiliaire de 1,5 ou 2 litres de capacité sur le tube de décharge. On réduit ainsi la rapidité de la variation de pression et porte au centuple la vie utile du tube. L'emploi d'une capacité et d'une inductance rend de grands services avec les tubes partiellement détériorés. — MM. **A. Griffiths**, **J. M. Dickson** et **C. H. Griffiths** : *Détermination du coefficient de diffusion du chlorure de potassium par une méthode analytique.* Les extrémités inférieures d'un certain nombre de tubes à diffusion verticaux et parallèles plongent dans un réservoir de grande capacité contenant une solution de KCl. La plus grande partie du réservoir est au-dessus des extrémités inférieures des tubes, et la solution aux extrémités inférieures est maintenue par la pesanteur à une concentration à peu près constante. Les extrémités supérieures des tubes sont couvertes d'une capsule, pourvue d'un tube d'entrée et d'un tube de sortie. L'eau entre dans la capsule par le tube d'entrée, et une solution faible, contenant le sel diffusé, quitte la capsule par le tube de sortie. On laisse écouler le temps nécessaire (qui peut atteindre une quinzaine de jours) pour obtenir un état permanent. La quantité diffusée est déterminée par analyse chimique. Dans le cas d'une solution contenant 0,2237 gr. de KCl au cm³ (solution 3 N), la « diffusivité moyenne » par rapport à l'eau est de $1{,}703 \times 10^{-5}$ (en unités C. G. S.) à 18°,5 C.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 30 Octobre 1915 (suite)

1° Sciences physiques. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent deux travaux de M. **J. E. Verschaffelt** : *Le frottement interne des gaz liquéfiés. I. Le mouvement de rotation oscillant d'une sphère dans un liquide visqueux. II. Sur la similitude des mouvements oscillants de sphères dans des liquides visqueux.* Développement de la théorie de ce mouvement en vue de l'application de ses résultats à la détermination expérimentale du coefficient de viscosité de gaz liquéfiés. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de MM. **G. Holst** et **L. Hamburger** : *Recherches sur l'équilibre liquide-vapeur dans le système argon-azote.* Détermination de tensions de vapeur de mélanges liquides d'argon et d'azote dans le but de rassembler les données pouvant servir à la préparation technique de l'argon, par rectification des mélanges liquides d'azote et d'argon, tirés de l'air après élimination de l'oxygène. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **L. H. Siertsema** : *La rotation magnétique du plan de polarisation dans le tétrachlorure de titane.* II. Examen de la dispersion de la rotation magnétique; elle peut s'expliquer par la théorie de Lorentz, en admettant des longueurs d'onde propres : deux dans l'ultraviolet et une dans l'infrarouge. — MM. J. G. van der Stok et H. Haga présentent un travail de M. **E. van Everdingen** : *La propagation du son dans l'atmosphère.* Examen de toutes les données concernant l'existence d'une zone silencieuse autour d'un centre d'ébranlement violent. Des deux théories proposées pour expliquer le phénomène, celle qui l'attribue à des circonstances météorologiques et celle qui l'attribue à la variation de la constitution de l'atmosphère à divers niveaux, c'est la théorie météorologique qui semble la plus admissible. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de MM. **A. Smits** et **C. A. Lobry de Bruyn** : *La passivité périodique du fer.* On obtient des phénomènes périodiques en ajoutant des ions Cl à l'électrolyte pendant la polarisation anodique. Les variations périodiques de potentiel sont très grandes (1,74 volts) et très régulières.

2° Sciences naturelles. — MM. H. Zwaardemaker et C. Winkler présentent un travail de M. **F. Roels** : *Sur la persistance des impressions en acoustique.* Expériences faites au moyen de sifflets de Galton et d'Edelmann dans la chambre silencieuse du Laboratoire de Physiologie d'Utrecht. Si l'excitation est faible, on perçoit immédiatement après le son un bruit à caractère musical, plus haut que le son produit. Si l'excitation est forte, on perçoit un souffle caractéristique. Après 2 sec. à 1/2 min. on perçoit souvent une seconde impression sonore, moins élevée et de durée plus longue, mais se distinguant moins bien du bruit entotique normal. — MM. C. Winkler et L. Bolk présentent un travail de M. **H. A. Vermeulen** : *Sur le cône médullaire des animaux domestiques.* Examen microscopique du cône médullaire du cheval, du bœuf, de la chèvre, du mouton, du porc, du chien et du chat.

J. E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 3 15 FÉVRIER 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. - La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Sir Henry Roscoe. — Le 18 décembre dernier est mort en Angleterre, à l'âge de 83 ans, Sir Henry Roscoe, membre de la Société Royale de Londres et correspondant de l'Académie des Sciences de Paris.

Roscoe avait étudié la Chimie à l'University College de Londres, sous la direction de Graham, puis de Williamson; il termina ses études à Heidelberg, au célèbre laboratoire de Bunsen, qui exerça sur lui une grande influence. Nommé en 1857 professeur de Chimie à Owens College, à Manchester, il y réorganisa complètement l'enseignement de cette science et y créa des laboratoires qui devinrent, à leur tour, pendant 30 ans, un centre d'attraction pour les étudiants d'un grand nombre de pays.

Les travaux de Roscoe ne sont pas très considérables; ils ont porté spécialement sur la photochimie, et sur les composés du vanadium. Ce qui l'a surtout fait connaître, c'est son enseignement, remarquable par sa clarté et par le soin avec lequel était préparée l'illustration expérimentale. Les qualités didactiques de Roscoe se retrouvent dans les nombreux manuels qu'il a publiés et dont plusieurs ont été traduits à l'étranger. Tous les chimistes connaissent le grand Traité qu'il a écrit avec son assistant Schorlemmer et dans lequel le don d'exposition du premier s'allie si heureusement avec la profonde érudition du second.

Roscoe fut également un des champions de l'enseignement technique en Angleterre et d'une alliance toujours plus étroite entre la science et l'industrie, voie dans laquelle ses concitoyens ne l'ont malheureusement pas toujours suivi.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

L'analyse graphique des vibrations des bâtiments. — Le professeur Elmer E. Hall, de l'Université de Californie, vient de se livrer à d'intéressantes recherches[1] sur les vibrations résultant, dans une station centrale, de la marche d'un turbo-générateur à vapeur de 1000 kw. du type horizontal et tournant à raison de 3.600 tours par minute.

Ce turbo-générateur était monté sur un bâti en acier au-dessus des chaudières et des condensateurs, le plancher des chaudières étant à 3 m. au-dessous du niveau de la rue, celui des condensateurs à 1,5 m. au-dessus et celui du turbo-générateur à 5 m. au-dessus. Le bâti en acier était relié directement aux murs en ciment armé du bâtiment et avait été construit pour porter trois gros générateurs, dont un seul est installé. Le bâtiment a 16 m. sur 24 m. et se trouve contigu à deux autres.

Les recherches ont été faites à l'aide d'un enregistreur de vibration portatif à trois composantes, calibré avec un sismographe à pendule conique. Les deux composantes horizontales et la composante verticale sont enregistrées simultanément sur un tambour rotatif.

L'amplitude des vibrations sur le plancher de la turbine varie considérablement avec la position choisie; elle est naturellement plus grande près de la turbine et directement sur les poutres latérales supportant le turbo-générateur. Les vibrations sont plus fortes à l'extrémité turbine qu'à l'extrémité générateur. En général, les déterminations ont été faites à une distance de 7, 5 à 10 m. de la turbine.

Les vibrations verticales dues au turbo-générateur et à l'excitatrice marchant régulièrement sous une charge normale présentent deux fréquences : une lente de 12,4 vibrations complètes par seconde, fréquence naturelle du plancher, et une rapide, de 59 vibrations par seconde, évidemment en synchronisme avec le turbo-générateur, chaque vibration correspondant à une rotation de la turbine. Les amplitudes doubles de ces vibrations sont respectivement de 0,04 et 0,008 mm.; près des murs, elles sont tombées à 0,01 et 0,003 mm. Elles sont de l'ordre de celle qui se produit lorsqu'un véhicule chargé passe dans la rue.

Les vibrations horizontales longitudinales (parallèles à la plus longue dimension du bâtiment et en même temps à l'axe de la turbine) présentent également deux fréquences : une de 16,7 par seconde avec une amplitude

1. *Electrical World*, t. LXVI, n° 25, p. 1356-1358 ; 18 déc. 1915.

double de 0,17 mm., l'autre de la fréquence de la turbine. Il en est de même pour les vibrations horizontales transversales, dont la plus lente a une fréquence de 13 par seconde et une double amplitude pouvant s'élever à 0,6 mm., et l'autre une fréquence de 59 et une amplitude de 0,01 mm.

En somme, le turbo-générateur produit deux sortes de vibrations : une en synchronisme avec la fréquence de rotation, et un ébranlement forcé du bâtiment. Ces dernières vibrations sont forcées, car elles ne sont pas en harmonie avec la période naturelle ou libre du bâtiment, qui est de 4 par seconde pour les vibrations transversales et de 10 environ pour les vibrations longitudinales, au lieu de 10 et 16,7 respectivement.

Le turbo-générateur possède trois vitesses critiques, aux environs de 1100, 2200 et 3300 tours par minute, la première donnant lieu aux phénomènes les plus violents. Pour cette vitesse critique, les vibrations verticales ont une fréquence de 18,5 par seconde avec une double amplitude de 0,1 mm. ; les vibrations transversales ont une fréquence de 19 et une double amplitude de 0,98 mm. ; les vibrations longitudinales une fréquence de 18,6 par seconde et une double amplitude de 0,10 mm.

M. Hall a fait également des observations sur les vibrations qui se produisent dans un bâtiment d'administration à 9 étages, contigu au bâtiment des machines; on y note également les vibrations synchrones et les vibrations forcées, surtout pour les vitesses critiques de la turbine.

Les amplitudes de toutes les vibrations observées sont bien inférieures aux limites élastiques des matériaux du bâtiment, et les accélérations produites sont inférieures aux valeurs admises par les sismologistes comme nécessaires pour causer un danger aux constructions. Toutefois, il semble désirable d'ériger les générateurs aussi bas que possible et de séparer les fondations des générateurs des parois du bâtiment. Dans le type de construction étudié ci-dessus, non seulement les vibrations sont augmentées, mais les deux côtés du plancher suspendu servent de table de résonance, et le bruit est plus grand que si le turbo-générateur avait été placé sur le sol.

§ 3. — Physique

Une analogie physique entre le magnétisme et la théorie des fluides. — Les analogies physiques, comme les modèles mécaniques, sont d'un emploi fréquent pour familiariser l'étudiant avec des sujets d'un abord difficile. M. J. R. Ashworth [1] vient de se servir d'une analogie de ce genre pour embrasser les états paramagnétique et ferromagnétique en une seule équation, qui suit de près l'équation d'état de van der Waals.

P. Curie a trouvé en 1895 que les substances faiblement magnétiques ont en général une intensité de magnétisation I (moment magnétique par unité de volume) en raison inverse de la température T dans un champ de force constant. D'autre part, l'intensité de magnétisation I des substances faiblement magnétiques ou paramagnétiques est directement proportionnelle à la force du champ H. Ces deux faits s'expriment complètement par la relation $H/I = R'T$, analogue à la loi de Boyle-Mariotte-Gay-Lussac pour les gaz : $Pv = RT$, ou $P/d = RT$, où P est la pression, v le volume spécifique et $d = 1/v$ la densité. Dans cette analogie, l'intensité de magnétisation I correspond à la densité d et la force du champ H à la pression P.

Les recherches de Curie l'ont conduit, d'autre part, à la conclusion que les substances ferromagnétiques, soumises au chauffage, se transforment progressivement et tendent à prendre les propriétés des substances faiblement magnétiques lorsque la température s'accroît au delà du point de transformation; ainsi il existe une grande analogie entre les courbes de magnétisation d'une substance ferromagnétique lorsqu'elle passe à l'état paramagnétique dans un champ constant et les courbes de densité d'un liquide passant à l'état gazeux par élévation de température, sous pression constante.

Ce parallélisme semble fondé sur la même cause physique sous-jacente. Du point de vue des théories moléculaires, le passage d'un fluide de l'état liquide à l'état gazeux a lieu quand les molécules du fluide sont relaxées de leur attraction mutuelle et deviennent indépendantes; de la même manière, on peut imaginer que le passage de l'état ferromagnétique à l'état paramagnétique a lieu quand les aimants moléculaires passent de l'état de contrôle mutuel à celui de liberté. D'autres théories moléculaires des fluides montrent qu'il doit y avoir une limite à la densité sous l'action des hautes pressions et des basses températures, et les théories moléculaires correspondantes du magnétisme assignent une limite à l'intensité de magnétisation sous l'influence des champs intenses et des basses températures. Ainsi nous pouvons considérer les états ferromagnétique et paramagnétique dans le magnétisme comme analogues aux états liquide et gazeux des fluides.

Van der Waals a modifié la loi des gaz de façon à y inclure les liquides, et il a obtenu l'équation :

$$(P + ad^2)(1/d - 1/d_0) = RT.$$

De la même façon, M. Ashworth modifie la relation de Curie, de manière à y comprendre à la fois les états paramagnétique et ferromagnétique :

$$(H + a'I^2)(1/I - 1/I_0) = R'T$$

Les constantes a', I_0 et R' sont les constantes magnétiques fondamentales.

M. Ashworth a appliqué cette équation au fer, au nickel et au cobalt. Pour R' et l'intensité maximum de magnétisation I_0, on peut utiliser les données expérimentales. La valeur de a' se déduit des valeurs des autres constantes. L'auteur montre que l'équation représente à grands traits les caractères principaux qui accompagnent la perte du ferromagnétisme quand la température s'élève, c'est-à-dire : 1° une région de perte progressive et de rapidité croissante jusqu'à la température de transformation ; 2° une transition abrupte à travers une région d'instabilité ; 3° une région dans laquelle l'intensité magnétique décline de moins en moins rapidement et s'approche asymptotiquement de l'axe des températures.

En connaissant la valeur de a', il est possible de calculer la valeur du champ intrinsèque pour toute intensité de magnétisation. Pour le fer, le nickel et le cobalt, on obtient des valeurs du champ intrinsèque de l'ordre de 10^7 gauss. Le tableau suivant donne les constantes magnétiques fondamentales de ces trois métaux, d'après cette théorie :

	Fe	Ni	Co
	—	—	—
Constante R'	3,56	20,8	6,0
Intensité maximum I_0	1685	510	1300
Constante du champ intrinsèque a'	7,6	96	21
Température critique T_c	785° + 273°	388° + 273°	1075 + 273°
Champ intrinsèque maximum $a'I_0^2$	$2,2 \times 10^7$	$2,4 \times 10^7$	$3,6 \times 10^7$

M. Ashworth termine en montrant que l'application de l'équation de van der Waals au magnétisme conduit à des résultats qui ne sont pas, tout au moins, en contradiction avec les théories cinétiques de Langevin et de Weiss.

Méthode pour déterminer les distances en mer et pour éviter les collisions en cas de brouillard ou de temps sombre. — Le problème de la détermination des distances en mer par brouillard ou temps sombre est d'une grande importance pour la navigation. M. J. Joly vient d'en donner, à une

1. *Philos. Magazine*, nov. 1915.

récente séance de la Société Royale de Londres[1], une nouvelle solution, basée sur les vitesses différentes des signaux dans divers milieux.

Des signaux lumineux, ou sans fil, peuvent être considérés comme se propageant instantanément aux distances ici en jeu ; les signaux sonores sous-marins (ainsi le son d'une cloche sous l'eau) se propagent dans l'eau avec une vitesse d'environ 1.400 mètres par seconde; les signaux sonores aériens se meuvent à la vitesse de 330 mètres par seconde.

Si des signaux émis simultanément sont transmis par deux milieux différents, le gain du plus rapide sur le plus lent sera proportionnel à la distance parcourue, et un navire qui les percevra successivement pourra déterminer sa distance de la station qui envoie les signaux.

Ainsi, si une cloche sous-marine est frappée en même temps qu'une cloche à la surface de la mer, l'avance du premier son sur le second sera de 4,3 secondes à la distance d'un mille, de 21,5 secondes à 5 milles. Le navigateur peut estimer l'intervalle des deux sons à 1/2 seconde près, correspondant à une erreur de distance de 210 mètres. Si l'on utilise simultanément les signaux de t. s. f. et les signaux sonores aériens, on obtient le maximum de sensibilité, c'est-à-dire une avance de 5,5 secondes par mille nautique.

Les observations à bord du navire peuvent être simplifiées en régularisant les signaux. Supposons, par exemple, qu'on frappe une cloche sous-marine toutes les 2 secondes 30 fois de suite, chaque groupe de 30 chocs étant séparé du suivant par un silence d'une demi-minute, et que simultanément avec le premier choc de chaque groupe on fasse un signal sonore aérien. Le navigateur, après avoir entendu le 1er coup de la cloche sous-marine, n'a qu'à compter le nombre de coups qui s'écoulent jusqu'à l'arrivée du signal transmis par l'air pour être immédiatement fixé sur sa distance à la station émettrice; dans ce cas, pour un navire placé à 1 mille, le signal aérien arrivera peu après le 4e coup de cloche.

Il est évident que la nature et le groupement des signaux émis doivent être connus du navigateur et varier avec chaque station côtière.

Si le navigateur peut fixer la direction dans laquelle il reçoit les sons, et s'il a déterminé sa distance de la station émettrice, il est capable de définir complètement sa position. Il en est de même s'il connaît sa route sur la carte, même s'il ne sait pas dans quelle direction arrivent les signaux, ou s'il reçoit simultanément les signaux de deux stations côtières. S'il ne connaît ni la direction des signaux, ni sa direction sur la carte, et s'il n'entend les signaux que d'une seule station, il peut encore déterminer sa position par approximations successives de la façon suivante :

Soit un navire placé en O (fig. 1) et faisant route vers le N N E. Le capitaine entend en ce point des signaux et détermine sa distance d_0 de la station émettrice. Il trace alors sur le papier un cercle de rayon d_0 et de centre O. Au bout de quelques minutes, il entend un autre signal, émis à la distance d_1. Le navire est maintenant en 1, dont la position est fixée par le temps écoulé et la vitesse du navire ; de ce point, on trace un cercle de rayon d_1, qui coupera le premier cercle en deux points P et S, qui sont en général l'un à bâbord, l'autre à tribord. Si d_1 est plus grand que d_0, les deux points sont à l'arrière, et le navire s'éloigne de la station; si d_1 est plus petit que d_0, les conditions sont renversées, et il s'en rapproche. Le navigateur sait que la station est en P ou en S. Pour décider, il peut changer sa direction, en marchant vers l'un des deux points jusqu'à ce qu'il entende en 2 un 3e signal, qui lui donnera une distance d_2. Le cercle de rayon d_2 tranche la question.

La méthode du professeur Joly est également applicable à la prévention des collisions à la mer par temps de brume. Elle suppose naturellement la possibilité, pour tous les navires, d'émettre des signaux sonores suffisamment intenses à des intervalles déterminés et simultanément avec des signaux de t. s. f.

Lorsque deux navires ainsi équipés prennent connaissance de leur présence réciproque dans le brouillard,

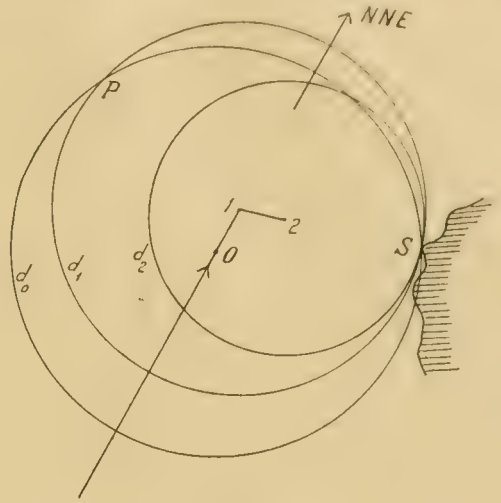


Fig. 1.

chaque navire doit envoyer : 1° un signal de t. s. f. indiquant sa direction ; 2° un signal indiquant sa vitesse; 3° un signal de t. s. f. émis simultanément avec le signal sonore aérien. Ces trois signaux se suivent sans interruption ; ils sont répétés à des intervalles de 10 à 15 minutes pour les deux premiers ou quand la direction et la vitesse changent, et de 2 minutes pour les derniers. De cette façon, chaque navire connaît la direction et la vitesse de l'autre, et, après deux observations successives de distance, le navigateur peut, au moyen d'une construction géométrique très simple,

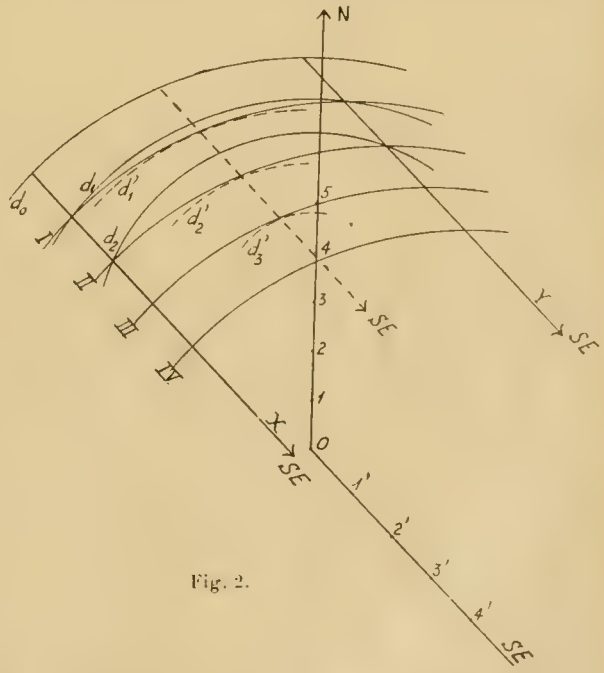


Fig. 2.

déterminer la vitesse d'approche ou d'éloignement de l'autre navire, le risque possible de collision et le moment de cette dernière.

Soit (fig. 2) un navire A marchant vers le Nord, à

1. *Proc. Royal Society*, série A, t. XCII, n° 637, p. 170-183 ; 1er janv.

une vitesse telle qu'il occupe les positions 0, 1, 2, 3,... aux intervalles successifs de 2 minutes où il reçoit les signaux de l'autre navire B. Quand A est au point O, il reçoit le premier signal de B, lui indiquant que ce dernier fait route vers le S E à une vitesse de n nœuds à l'heure ; le signal de la distance montre en même temps que B est éloigné de d_0 nœuds.

L'officier de A trace alors un cercle avec le point O comme centre et de rayon d_0 ; B se trouve quelque part sur ce cercle. Puis du point O il trace une ligne vers le S E, sur laquelle il marque les points 1', 2', 3... indiquant les déplacements successifs de B de 2 en 2 minutes, et avec ces points comme centres, il trace les cercles I, II, III,... de même rayon d^0, qui indiqueront la position de B de 2 en 2 minutes.

Il attend maintenant le 2e signal de B, donnant sa nouvelle distance d_1. Si d_1 est plus grand que d_0, le navire s'éloigne évidemment de A et il n'y a pas lieu de continuer les observations. Si d_1 est plus petit que d_0, B s'approche de A. Alors, avec d_1 comme rayon et le point 1, position actuelle de A, comme centre, on trace un cercle. Deux cas peuvent se présenter.

Ou bien ce cercle d_1 coupe le cercle I en deux points, qui sont les deux positions possibles du navire B, et dans ce cas, il n'y a aucun risque de collision. Si, en effet, on mène par ces deux points deux lignes X et Y, dirigées vers le S E, celles-ci indiquent le chemin du navire B, et l'on voit qu'il n'y a pas de rencontre possible avec A.

Ou bien le cercle d_1 (représenté sur la figure en pointillé et par la lettre d_1') est tangent au cercle I, et alors il y aura risque de collision, comme on le voit immédiatement en menant par le point de contact, seule position possible du navire B, une ligne dirigée vers le S E, qui vient couper la trajectoire du navire A. Etant averti de ce risque, le navigateur peut, si les circonstances le permettent, continuer à observer l'approche de B sur le diagramme et confirmer ainsi ses premières déductions. Si les arcs successifs d_2', d_3' continuent à indiquer le risque de collision, alors, suivant les lois de la navigation, le navire B doit s'écarter de la route de A.

On peut objecter aux méthodes du professeur Joly l'imprécision des distances déduites de l'observation des signaux, qui sont à la base de la construction des graphiques. Mais, comme le fait remarquer l'auteur, les erreurs ne sont pas cumulatives; chaque détermination de distance est indépendante, et les valeurs successives d_1, d_2, d_3, permettent de serrer le problème de plus près. En tout cas, le navigateur est averti du risque de collision et de son moment probable, ce qui lui permet de prendre toutes mesures utiles.

§ 4. — Photographie

Virage photographique au sulfure de cobalt. — M. R. Namias expose, dans son journal *Il Progresso fotografico*, une nouvelle méthode de virage des épreuves au gélatino-bromure et au chloro-bromure. Cette méthode, dont il est l'auteur, consiste à transformer l'argent qui constitue l'image photographique en sulfure de cobalt. Elle fournit des tons bruns beaucoup plus beaux que ceux que l'on obtient par la simple sulfuration de l'argent[1].

L'image développée comme d'habitude, fixée et lavée, est traitée par une solution de ferricyanure de potassium (prussiate rouge) à 5 %. Elle y pâlit considérablement, s'efface presque, étant constituée maintenant par du ferricyanure d'argent. On lave alors l'épreuve, et on la plonge dans une solution de chlorure de cobalt à 2 % additionnée de quelques gouttes d'acide chlorhydrique. Elle y prend une teinte verdâtre, composée de chlorure d'argent et de ferricyanure de cobalt. On la lave de nouveau pendant une demi-heure, à peu près, afin d'éliminer toute trace de sel de cobalt susceptible d'altérer la pureté des blancs.

1. V. *Revue générale des Sciences*, 15 avril 1913, page 255.

Si l'on traite alors l'épreuve, en pleine lumière, par un révélateur faible au métol, seul ou associé à l'hydroquinone, le chlorure d'argent est réduit, et l'image brunit.

La nuance est plus belle si l'on plonge l'épreuve, après qu'elle a subi l'action du sel de cobalt, dans une solution de sulfure de sodium à 10 % ou de sulfure de baryum saturée à froid.

Les images ainsi obtenues sont très stables.

Si le bain de cobalt est suivi d'une immersion dans une solution d'hyposulfite de soude à 5 % additionnée d'acide borique, le chlorure d'argent est éliminé, et l'image n'est plus formée que de ferricyanure de cobalt. Or, on sait que les sels de cobalt ont la propriété de colorer fortement en bleu ou en violet les matières vitrifiées. Ce procédé est donc applicable à l'art de la verrerie et de la céramique. E. C.

§ 5. — Physiologie

Les effets neuro-musculaires de doses modérées d'alcool. — Le Laboratoire de la Nutrition de l'Institution Carnegie a entrepris une étude expérimentale détaillée des conséquences physiologiques de l'ingestion de petites doses d'alcool éthylique chez l'homme. Les premiers résultats de ces recherches viennent de paraître[1]; ils se rapportent aux effets neuro-musculaires observés sur deux arcs réflexes simples : le réflexe patellaire et le réflexe protecteur des paupières.

Les mesures effectuées par MM. R. Dodge et F. G. Benedict sur ces réflexes portent sur leur latence, l'étendue de la contraction musculaire et la durée relative de la phase réfractaire. Les réactions étudiées ont été les suivantes : 1° les réactions oculaires à des stimulus périphériques apparaissant subitement, ce qui donne une bonne idée de l'ajustement spatial de chaque individu; 2° les réactions de la parole à des stimulus visuels écrits, et des associations libres, qui sont des caractéristiques de l'ajustement de l'individu à son environnement social.

Les sujets se divisaient en deux groupes : un groupe principal d'étudiants, qui étaient des consommateurs très modérés d'alcool, et un petit groupe de malades sortis de l'Hôpital psychopathique où ils avaient été en traitement pour le delirium tremens. Chaque sujet, pour chaque catégorie d'expériences, était soumis à deux jours d'expérimentation avec administration d'alcool (à la dose de 30 ou de 45 cm³ d'alcool absolu), précédés et suivis chacun d'un jour normal sans alcool.

L'effet de l'alcool, dans le cas du réflexe patellaire, est d'augmenter de 10 % la période latente, tandis qu'il diminue de 46 % l'épaississement du quadriceps. Pour le réflexe protecteur des paupières, il augmente de 7 % la période latente, tandis qu'il diminue de 19 % l'amplitude du mouvement des paupières. L'alcool accroît de 5 % la période latente des réactions oculaires, de 3 % celle des réactions de la parole. La mémoire et les associations libres sont peu affectées. La sensibilité à la stimulation faradique décroît de 14 % après administration d'alcool; le nombre des mouvements des doigts s'abaisse de 9 % et la vitesse des mouvements des yeux de 11 %.

Contrastant avec cette dépression générale des processus neuro-musculaires à tous les niveaux du système cérébro-spinal, MM. Dodge et Benedict ont noté une accélération du pouls, relativement faible (3 %), mais constante et régulière; elle paraît due à une diminution de réponse du mécanisme inhibiteur.

Les auteurs considèrent ces résultats comme une indication générale de l'action de l'alcool sur le rendement organique. Contrairement à la théorie de Kraepelin, l'alcool ne facilite nullement les processus moteurs; au contraire, il les déprime, tout au moins sous leurs formes les plus simples des mouvements des doigts et des paupières.

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. I, n° 12, p. 605-608; Déc. 1915.

L'HOMMAGE DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

AUX SAVANTS TOMBÉS AU CHAMP D'HONNEUR

L'Académie des Sciences de Paris décerne, chaque année, un certain nombre de prix aux auteurs des travaux scientifiques les plus remarquables dans les divers domaines de la science. Mue par une pieuse pensée, elle a voulu qu'en 1915 une partie de ces prix allât aux savants, pour la plupart tout jeunes, qui ont déjà donné leur vie pour la défense de la grande cause que représente la France dans l'humanité. Nous reproduisons ci-après la partie du Rapport de M. Gaston Darboux, secrétaire perpétuel, où il a retracé la trop courte carrière de ces lauréats posthumes et les belles espérances que leurs premiers travaux avaient fait naître.

(NOTE DE LA RÉDACTION.)

I

Il me reste à remplir la partie la plus essentielle et la plus douloureuse de ma tâche, en rappelant ici toutes les récompenses que nous avons attribuées à ceux qui sont tombés victimes de leur dévouement à la patrie.

Notre prix *Francœur*, porté pour la circonstance à 1.500 francs, est décerné cette année à M. MARTY, ancien élève de l'École normale, qui a été tué le 10 septembre 1914, au bois de Blandin, à Séraucourt, dans la Meuse. C'était un esprit original; il a inséré plusieurs Notes intéressantes sur les équations intégrales dans nos *Comptes rendus*. C'était aussi un homme de cœur qui s'était fait promptement aimer de ses compagnons d'armes. Sans ambition, il était professeur au lycée d'Albi et désirait poursuivre sa carrière dans l'Enseignement secondaire, quand il a été appelé sur le front. Il a été du nombre de ces héros qui, faisant le sacrifice de leur vie, ont arrêté l'ennemi dans les premiers jours de septembre, sauvant ainsi Paris et la France. Il laisse à sa veuve, professeur au lycée de jeunes filles d'Albi, la lourde tâche d'élever ses fils, âgés maintenant de deux et de quatre ans.

Notre prix *Tchihatchef* est destiné à récompenser les naturalistes qui se sont le plus distingués dans l'exploration du Continent asiatique. Il a été attribué cette année à M. COUYAT-BARTHOUX, attaché, durant plusieurs années, comme géologue à l'Institut archéologique du Caire, pour ses travaux géologiques et géographiques sur les régions du Sinaï et du canal de Suez. Ce sont, nous disent nos confrères de la Commission, les plus originaux et les plus importants qui aient été faits depuis nombre d'années.

Mobilisé dès le début de la guerre, M. Couyat-Barthoux a été fait, vers le milieu de septembre 1914, prisonnier près de Soissons.

Le prix *Hughes*, réservé à l'auteur des travaux qui auront le plus contribué à l'avancement de la Physique, est décerné à M. R. MARCELIN, jeune physicien du plus grand mérite, tué à l'ennemi, dans le bois de Flabas, près de Verdun, en septembre 1914. Il a succombé en même temps que tous les hommes du poste dont il faisait partie.

Agrégé, docteur ès sciences, il avait voulu rester à Paris et avait été nommé professeur à l'École supérieure de Navigation maritime.

Nous avons peu de renseignements sur sa carrière; mais nous savons que le travail couronné (*Contribution à l'étude de la cinétique physico-chimique*) est aussi remarquable par ses vues théoriques que dans sa partie expérimentale.

Le prix de Physique qui porte le nom d'*Henri de Parville* est décerné à M. JEAN BLEIN, professeur de Physique au lycée Louis-le-Grand, tombé glorieusement à l'ennemi le 11 novembre 1914, près de Westende, en remplissant les périlleuses fonctions d'officier mitrailleur. Entré le premier à l'École normale, où il resta comme agrégé-préparateur, on lui doit d'importants travaux sur l'Optique géométrique, sur la Thermodynamique des gaz. Mais c'est surtout comme professeur qu'il s'est montré hors de pair. « Dans l'exercice de ses fonctions, il apportait, nous dit la Commission, cette science rare, cette ardeur raisonnée qu'il mettait à accomplir toutes les tâches et qu'il a montrée superbement dans l'œuvre dernière où il s'est sacrifié pour la patrie. »

M. Jean Blein laisse une veuve et trois enfants.

Le prix de Physique fondé par *Gaston Planté* a été décerné à M. MARCEL MOULIN.

Mobilisé le 2 août 1914 comme lieutenant de réserve, Marcel Moulin a été tué d'une balle au cœur, à la bataille de la Marne, le 6 septembre, à Barcy.

Doué d'un remarquable talent d'invention, Marcel Moulin avait étudié avec succès les branches les plus importantes de la Physique moderne.

Nommé en 1910 professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Besançon, il y avait créé l'Institut de chronométrie, qui a déjà rendu des services signalés. L'Académie avait distingué ses travaux et lui avait accordé une subvention sur le fonds Bonaparte.

Marcel Moulin laisse une jeune femme, une petite fille âgée bientôt de trois ans et un bébé, âgé de neuf mois aujourd'hui, qu'il n'aura pas connu.

Pour conserver la mémoire de ses deux fils morts prématurément, notre confrère *Cahours* avait fondé un prix, destiné aux jeunes savants et plus particulièrement aux chimistes. L'Académie croit répondre aux intentions du fondateur en attribuant le prix à M. VIGUIER, ancien élève de l'École normale, mort au champ d'honneur.

Paul Viguier était né à Montfermeil le 22 février 1884. Lauréat du Concours général, entré second à l'École normale en 1902, premier agrégé de Physique en 1906, il avait été attaché comme agrégé-préparateur de Chimie à l'École normale, sous la direction de notre collègue, M. Lespieau. Fruit d'un long travail, sa thèse sur l'aldéhyde tétrolique a réuni les suffrages unanimes de notre Commission. Il s'était marié dans l'été de 1911 avec une ancienne élève de l'École normale de Sèvres, Mlle Teissier.

Appelé dès le premier jour de la guerre à l'armée, promu sous-lieutenant en décembre 1914, c'est dans les tranchées, près d'Ypres, qu'il apprit en février la nouvelle de la naissance de sa petite fille. Ce fut sa dernière joie.

Il est tombé le 5 mars en Champagne, à l'action de Beauséjour. « En plein jour, dit la citation dont il a été l'objet, sous le feu des mitrailleuses allemandes, s'est élancé hors de la tranchée et a entraîné sa section à l'attaque d'un retranchement ennemi; a été tué au cours de cette attaque. »

Le prix fondé par Mme Vve *Delesse* en faveur des géologues ou, à leur défaut, des minéralogistes les plus méritants est attribué, cette année, à ALBERT DE ROMEU, chargé du cours de Minéralogie et de Géologie à l'École centrale, qui, il y a peu de mois encore, était chef des travaux de Minéralogie au Laboratoire colonial du Muséum d'Histoire naturelle. Il est l'auteur de remarquables travaux pétrographiques.

Dans la Notice si intéressante que lui a consacrée notre confrère et ami A. Lacroix, nous apprenons que de Romeu était un esprit fin et délicat, un homme de devoir, modeste, de commerce agréable et sûr.

« Ce timide, nous dit M. A. Lacroix, fut un officier d'une bravoure exceptionnelle. Dès les premiers jours de la mobilisation, il partit avec une section de parc d'artillerie; mais il demanda bientôt à passer dans les formations appelées à combattre. Affecté à l'artillerie lourde, il s'y conduisit comme eût pu le faire le plus brillant officier de carrière. Il a été tué le 12 janvier dernier, près des bords de l'Aisne, à Bucy-le-Long, dans les conditions que relate la mise à l'ordre du jour suivante dont il est l'objet (*Journal officiel* du 13 février) :

« De Romeu, lieutenant de réserve au 5e régiment d'artillerie lourde, étant adjoint au commandant de groupe, a pris volontairement la place du sous-lieutenant Hervé, qui venait d'être tué à son poste de combat, a rempli les fonctions de lieutenant de tir pendant deux jours sous un feu intense et est tombé à son tour au même endroit que son prédécesseur, donnant ainsi à ses hommes le plus bel exemple de courage et de dévouement à la patrie. »

Les parents d'Albert de Romeu ont décidé d'abandonner le montant du prix *Delesse* en faveur des œuvres de l'Institut.

M. RENÉ TRONQUOY, à qui l'Académie accorde un autre de ses prix de Géologie, le prix *Joseph Labbé*, avait succédé à M. de Romeu dans ses fonctions au Laboratoire colonial du Muséum d'Histoire naturelle. Docteur ès sciences, préparateur de Minéralogie à la Sorbonne, il avait travaillé depuis une dizaine d'années dans les laboratoires de nos confrères Wallerant et A. Lacroix. On lui doit un travail très apprécié sur les gîtes stannifères. Mobilisé dès le premier jour de guerre en qualité de lieutenant au 67e régiment d'infanterie, il avait dû à sa bravoure et à ses belles qualités d'intelligence et d'entrain d'être cité à l'ordre du jour de sa brigade et proposé pour la croix de la Légion d'honneur. Il a parfaitement conduit sa compagnie à l'assaut des Eparges, où il a été blessé le 20 février et a disparu. Notre Commission éprouve l'angoissante crainte que la distinction accordée par elle au jeune officier soit une couronne déposée sur une tombe.

Le sort de M. BLONDEL, lauréat de notre prix *Saintour*, aide-astronome à l'Observatoire de Toulouse, nous inspire les mêmes craintes que celui de M. Tronquoy.

M. A. Blondel est un géomètre de grande espérance, qui nous avait présenté à la Sorbonne une thèse très intéressante sur la théorie des marées.

Henri Poincaré avait signalé l'intérêt qu'il y

aurait à faire une théorie complète des marées dans un golfe ou dans un détroit, afin d'être renseigné sur le rôle peu connu du frottement. M. Blondel, en obéissant à ces suggestions et en développant la théorie du grand géomètre, l'a appliquée à la mer Rouge, où toutes les conditions signalées par Poincaré se trouvent réalisées. Il comptait reprendre son travail en y tenant compte du frottement. Mobilisé dès le début de la guerre, M. Blondel a été blessé, le 8 septembre 1914, à Fère-Champenoise; depuis lors, personne n'a reçu de ses nouvelles.

Le prix fondé par Mme *Gustave Roux* avait été réservé en 1914; il est décerné à M. GEORGES LERY, professeur au lycée Carnot, mort au champ d'honneur. Il a été tué le 10 septembre 1914, dans la bataille de la Marne, à Petites-Perthes, près de Vitry-le-François, à l'âge de 34 ans. C'était, lui aussi, un ancien élève de l'Ecole normale, géomètre d'avenir dont les travaux étaient très appréciés par notre confrère Émile Picard; j'avais conservé le meilleur souvenir de ses examens à la Sorbonne. Il laisse trois enfants: deux fils, âgés de huit ans et de trois ans, et une fille âgée de six ans.

Le prix *Gustave Roux* pour 1915 est attribué à M. LUCIEN BERLAND, qui est le front, où il a déjà gagné les galons de sergent-major.

Un de nos secrétaires perpétuels, *Henri Becquerel*, digne héritier de toute une lignée de savants éminents, mort prématurément il y a sept ans à peine, avait légué à l'Académie un capital de 100.000 francs, en nous laissant une grande liberté pour l'attribution des arrérages. Voici comment l'Académie en a disposé cette année.

Parmi les travaux les plus récents, elle avait remarqué des Notes de M. le lieutenant-colonel ARNAUD, publiées en 1912 et 1913, et traitant du *nivellement barométrique*. Ces recherches méritaient à coup sûr d'être continuées et développées. M. Arnaud se proposait de les mener à bien; mais la déclaration de guerre est survenue. Oubliant qu'il avait 60 ans, qu'il avait quitté l'armée depuis cinq ans et qu'il avait à prendre soin d'une femme et de neuf enfants, le lieutenant-colonel a demandé à reprendre son rang, et il est tombé à la suite d'une maladie contractée dans le service.

Deux astronomes des Observatoires français ont aussi été victimes de la guerre, et l'Académie a voulu honorer leurs mémoires en donnant une récompense méritée à leurs travaux.

« M. JEAN MERLIN, élève à l'Ecole normale en 1898, assistant à l'Observatoire de Paris en 1901, devint aide-astronome à l'Observatoire de Lyon en 1904. Agrégé des Sciences mathématiques, il orienta ses travaux vers les observations astronomiques et la discussion de leurs résultats. » Il fit beaucoup dans cette voie, mais il n'abandonna jamais les Mathématiques, et notre confrère Hadamard, en résumant un essai de démonstration, donné par le jeune savant, de ce théorème que tout nombre pair est la somme de deux nombres premiers, écrit: « Merlin fut un modeste qui eut comme la pudeur de son talent. Etranger à toute pensée d'ambition, il fut uniquement possédé de ce double désir: avancer dans la science et la faire avancer à son tour; la servir à son rang comme finalement il a servi la patrie. » Né à Rennes le 9 mai 1876, J. Merlin est tombé au champ d'honneur le 29 août 1914, au col d'Arrozel.

M. RABIOULLE fut successivement auxiliaire à l'Observatoire de Paris depuis 1894, aide-astronome à l'Observatoire de Toulouse en 1911 et 1912, depuis à l'Observatoire d'Alger. « Partout où il a passé, nous dit M. Baillaud, il s'est montré un vaillant, toujours dévoué, apte à tout travail qu'on pût lui demander. » Sa mort glorieuse interrompit ses travaux; le 21 septembre 1914, lors de la bataille de l'Aisne, il fut tué à l'ennemi, à Moulin-sous-Touvent, dans l'Oise.

L'Académie fait participer MM. MERLIN et RABIOULLE au prix fondé par *Becquerel*, en accordant à chacun d'eux une récompense de 750 francs.

II

Mes chers Confrères, je viens de rappeler rapidement une série de récompenses que vous avez accordées à des savants victimes de leur dévouement. Pour toutes ces récompenses, je n'ai pas besoin de le rappeler, l'Académie s'est conformée scrupuleusement, selon son habitude invariable, aux conditions imposées par les donateurs. Il n'en est pas de même pour le prix *Fanny Emden*; mais nous avons pu nous adresser à la fondatrice du prix, Mlle Juliette Reinach, et nous avons sollicité son assentiment, qui nous a été gracieusement accordé, pour décerner ce prix à M. JEAN CHATANAY, naturaliste de race et de haute valeur, bien que ses travaux ne rentrent pas dans le cadre de ceux qu'en temps ordinaire le prix *Fanny Emden* est destiné à récompenser.

Jean Chatanay, né à Autun le 2 avril 1884, a été tué à Vermelles (Pas-de-Calais), le 15 octobre 1914. Ce n'est pas sans émotion que j'ai parcouru le dossier qui le concerne. Il était de ceux

qui, dès leur jeunesse, manifestent les plus vives aptitudes pour les Sciences de la Nature. Entré à l'École normale en 1906, il en sortait premier agrégé des Sciences naturelles en 1907. Il était agrégé-préparateur à l'Ecole normale lorsque le Directeur de l'Agriculture organisa un Service entomologique pour l'étude des ennemis et des parasites des plantes. Sur la proposition de notre confrère Bouvier, qui tenait en très haute estime ses talents, Chatanay fut nommé directeur de la Station entomologique de Châlons-sur-Marne. « Il pensait, après trois ans de recherches, avoir trouvé un procédé efficace pour détruire les papillons parasites de la vigne, dans le vignoble champenois. C'était, pour la France, de très grandes pertes à jamais conjurées. Les expériences décisives allaient être faites quand la guerre éclata. »

Nommé sous-lieutenant de réserve, il écrit à sa jeune femme, le 8 août, la veille de son départ pour le front : « J'écris à tout hasard cette lettre, car... on ne sait pas. Si elle t'arrive, c'est que la France aura eu besoin de moi jusqu'au bout... Il ne faudra pas pleurer; car, je te le jure, je mourrai heureux s'il faut donner ma vie pour elle. »

Et plus loin :

« De l'éducation des petites (il avait quatre filles dont la plus âgée avait quatre ans) je ne suis pas inquiet, tu sauras la diriger comme je l'aurais fait moi-même... Tu embrasseras pour leur papa les chères petites, tu leur diras qu'il est parti pour un long, très long voyage, sans cesser de les aimer, de penser à elles et de les protéger de loin ; je voudrais que Cotte au moins se souvînt de moi... Il y aura aussi un petit bébé, tout petit, que je n'aurai pas connu. Si c'est un fils, mon vœu, c'est qu'il soit un jour médecin, à moins cependant qu'après cette guerre, la France n'ait encore besoin d'officiers. Tu lui diras, lorsqu'il sera en âge de comprendre, que son papa a donné sa vie pour un grand idéal, celui de notre patrie reconstituée et forte...

« Au revoir, ma chérie, mon amour. Promets-moi de n'en pas vouloir à la France si elle m'a voulu tout entier... Au revoir, au grand revoir, le vrai. Sois forte. »

Cette lettre est de celles qui honorent et réconfortent un pays. Elle a été trouvée sur Chatanay au moment où, blessé grièvement d'une balle au ventre, il eut à peine le temps de s'écrier : « Mon capitaine, je suis touché... Mon carnet, ma femme, mes enfants. » Quelques secondes après, il fermait les yeux, tombé en brave, face à cet ennemi qu'il craignait si peu.

Le sous-lieutenant Chatanay était proposé pour le grade de lieutenant. Voici la citation qui le concerne : « Pour sa vaillante attitude et sa belle conduite, le général commandant la Xe armée cite à l'ordre du jour le lieutenant Chatanay, du 296e régiment, tué à l'ennemi. » — De Maud'huy.

III

Messieurs, c'est ici que s'arrêtait la liste des récompenses réservées à ceux des nôtres qui ont été tués à l'ennemi, lorsque notre confrère Paul Appell nous a remis une requête émanée de plusieurs officiers de l'École d'Application militaire de Fontainebleau. Elle concernait le commandant Henri Batailler, qui était chargé depuis 1911 du Cours de Balistique extérieure à cette École. Vous lirez dans nos *Comptes rendus* le beau Rapport que le général Sébert, notre confrère, a présenté à l'Académie sur les recherches d'une si haute portée du commandant Batailler. Ici, je vous demande la permission de reproduire quelques passages de la Note si touchante qui avait été préparée pour nous par les officiers de l'Ecole :

« Dès son séjour à l'École d'Application, nous disent-ils, il se fit remarquer par la puissance et l'originalité de ses conceptions. Mais ce fut surtout durant son séjour à la Commission d'expériences de Versailles qu'il put donner plein essor à ses facultés. Il y étudia notamment les lois de la résistance de l'air et l'influence de la forme des projectiles. Nous ne saurions donner une idée plus nette de la perfection à laquelle il poussa cette étude qu'en citant le passage suivant : lorsque les premiers renseignements sur la balle S allemande parvinrent à la Commission, il put, du seul examen des formes de cette balle, déduire *a priori* ses Tables de tir. Le Mémoire qu'il présenta à ce sujet fut accueilli avec un profond scepticisme, qui fit place à une admiration profonde lorsque, quelques mois plus tard, des renseignements plus complets permirent d'en constater l'exactitude. »

« Promu chef d'escadron pendant la campagne, il prit en septembre 1914 le commandement du premier groupe du 56e régiment d'artillerie, dont le commandant venait d'être tué à l'ennemi. Il demeura à la tête de ce groupe jusqu'au 9 juin 1915, date à laquelle il fut atteint à son poste de combat d'une balle à la tête, dont il mourut quelques heures après. Il avait reçu quelques mois auparavant la croix de la Légion d'honneur avec une citation particulièrement élogieuse. »

« C'était un chef dans toute l'acception du terme. Toujours prêt à prendre les responsabilités, toujours présent au moment du danger, il est tombé,

laissant à ses canonniers de tels exemples qu'il semble qu'il ne soit pas mort tout entier, mais se survive en eux. Sa valeur et son sang-froid passeront dans leurs âmes et les rendront capables de tous les sacrifices. »

L'Académie décerne au commandant BATAILLER un prix *Wilde* de 2.000 francs.

IV

J'en ai fini, Messieurs, avec l'énumération, hélas! trop longue, de ceux de nos lauréats qui ont donné leur vie pour une cause sainte et juste entre toutes. En étudiant, pour vous la faire connaître et pour en conserver le souvenir, leur carrière trop tôt brisée, je n'ai pu me défendre d'une profonde émotion. Tous avaient devant eux un brillant avenir, tous auraient accru par leurs travaux le patrimoine scientifique de notre pays. Quelques-uns d'entre eux étaient fortunés, plusieurs avaient engagé de lourdes dépenses en vue de leurs recherches futures. Presque tous avaient déjà goûté aux joies de la famille et laisseront à leurs veuves désolées de jeunes enfants à élever et à entretenir. Et cependant, quelle que fût leur situation, quand la Patrie a fait entendre son appel, c'est avec élan, avec une sorte de joie sacrée, qu'ils ont répondu sans tarder, qu'ils ont renoncé à tout, au plaisir de la recherche, aux succès obtenus ou entrevus, aux douceurs d'un foyer chéri, pour défendre leur pays et s'associer avec simplicité, sans peur et sans reproche, au geste héroïque de milliers de leurs compatriotes. L'Académie s'incline devant un tel dévouement, bien conforme aux traditions de notre race ; elle s'associe à la douleur de tant de familles si cruellement frappées. Si quelque chose pouvait adoucir l'amertume de ses regrets, ce serait le sentiment que, dans la sphère qui lui est propre, elle n'a rien fait pour provoquer la guerre néfaste qui a déjà amené la mort et la ruine de millions de créatures humaines. Ce n'est ni à nos Universitaires, ni à nos Académies que revient, même pour une part minime, la responsabilité d'avoir déchaîné le fléau sans précédent qui désole et fait rougir l'humanité.

Gaston Darboux,
Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences de Paris

EMPLOI A LA GUERRE DE L'AMMONIAQUE ET DES SELS AMMONIACAUX

I

De tous les sels ammoniacaux, le sulfate d'ammoniaque est celui dont la production mondiale est de beaucoup la plus grande — plus d'un million de tonnes en 1913. Comme chacun le sait, le sulfate ammoniacal est presque exclusivement employé à l'état d'engrais en agriculture. Sur le graphique ci-joint (fig. 1, p. 78) se voit très nettement l'essor qu'a pris la consommation depuis une trentaine d'années [1]. L'abaissement du prix montre que la production s'est accrue au moins autant que la consommation.

Le sulfate d'ammoniaque était d'ailleurs utilisé surtout en Allemagne. Là, comme dans d'autres branches de l'activité industrielle, l'Allemagne cherchait à ne pas être tributaire de l'étranger. Maîtresse du marché mondial de la potasse, grâce à ses gisements inépuisables de Stassfurt, auxquels ceux de Saxe venaient d'apporter récemment un léger appoint, et persuadée qu'elle le serait longtemps encore, par suite de la découverte récente de gisements importants en Alsace et des gisements qu'elle se réservait à l'étranger, l'Allemagne cherchait encore à lutter, au point de vue de l'azote, contre la concurrence des salpêtres du Chili, dont l'épuisement semble prochain. Les importations de sulfate d'ammoniaque anglais venaient de prendre fin ; l'industrie de la cyanamide, créée par MM. Frank et Caro, assurait, par son rapide essor, à nos ennemis une avance considérable. Là, comme dans l'industrie des matières colorantes, du thorium, du brome ainsi que je le rappelais récemment [1], ils auraient obligé les producteurs étrangers, soit à transiger sur des bases défavorables pour ceux-ci, soit à entreprendre une lutte commerciale plus coûteuse encore, si même elle n'était pas une cause de ruine.

Le tableau I suivant, celui de la production comparative du sulfate d'ammoniaque en Allemagne, en Angleterre, aux États-Unis et en

1. Les grosses lignes noires de la figure 1 indiquent les périodes d'entente des usines de nitrates pour réduire la production.

1. *Génie civil*, octobre 1915.

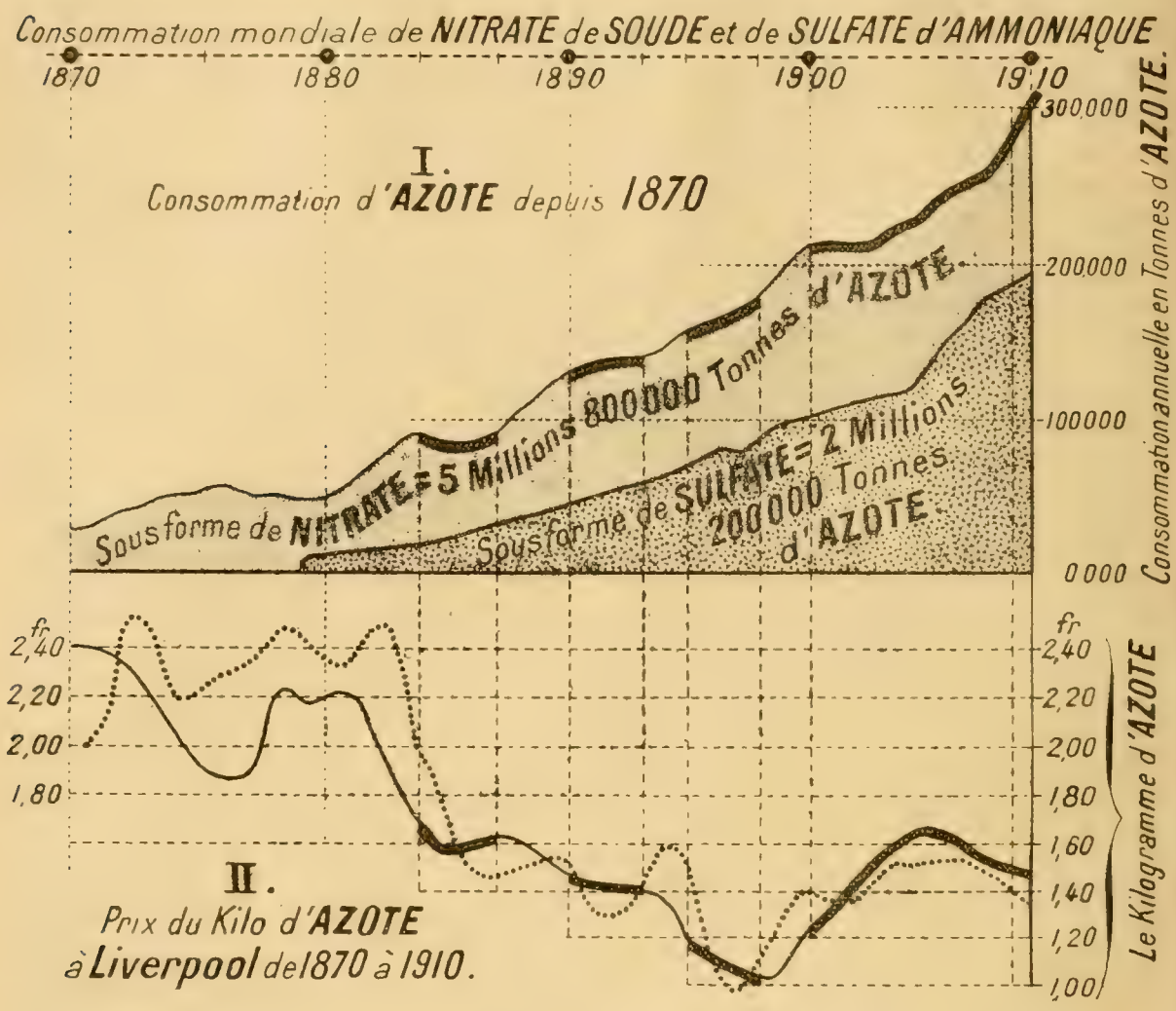


Fig. 1. — *Consommation mondiale des produits azotés depuis 1870 et variations du prix du kilog d'azote.*

France, depuis 1900, établi d'après les sources les plus autorisées, est des plus suggestifs :

Tableau I

ANNÉES	Allemagne	Angleterre	Etats-Unis	France
	En tonnes			
1900	130.000	213.000	27.600	37.000
1901	130.000	220.000	39.279	42.000
1902	135.000	229.000	36.724	39.000
1903	140.000	234.000	41.783	42.000
1904	175.000	245.000	54.664	46.000
1905	190.000	268 000	65.296	47.500
1906	255.000	289.000	75.000	49.000
1907	287.000	313.000	99.309	50.500
1908	313.000	314.000	83.400	52.600
1909	340.000	349.150	106.500	53.700
1910	375.000	367.600	116.000	56.000
1911	418.000	385.500	130.000	62.000
1912	465.000	379.000	165.000	68.500

Alors que notre production ne doublait pas de 1900 à 1912 et passait de 37.000 tonnes à 68.500, celle de l'Allemagne était plus que triplée. L'accroissement en Angleterre, beaucoup plus lent, était cependant notable. Les principales sources de sulfate d'ammoniaque proviennent du traitement des résidus gazeux. C'est ainsi que pour l'Angleterre, pendant les années 1909, 1910 et 1911, les cinq sources principales ont fourni les quantités suivantes :

Tableau II

	1909	1910	1911
Usines à gaz	164.276	167.820	168.783
Etablissements sidérurgiques	20.228	20.739	20.121
Usines de schiste	57.048	59.113	60.765
Fours à coke	82.886	92.665	105.343
Gaz pauvres et usines de carbonisation (os et charbon).	24.705	27.850	29.964
	349.141	361.887	384.976

Le premier tableau montre cependant, et nous aurons l'occasion d'y revenir dans un prochain article, que les Alliés, dans cette branche de l'industrie chimique, n'ont rien à craindre de l'Allemagne. Par la mer, ils conservent le monopole des nitrates du Chili. Disons en passant que, pour l'industrie de la cyanamide, née en Allemagne, la comparaison est encore toute à notre avantage. D'après la *Zeitschrift für angewandte Chemie* (t. XXVII), la production de la cyanamide aurait été, pendant les années 1912 et 1913 :

Tableau III

	En tonnes	
	1912	1913
Société des produits azotés (N.-D. de Briançon)	7.500	7.500
Société des produits azotés (Martigny)	7.000	12.000
Bayerische Stickstoffwerke (Tostberg)	15.000	15.000
Aktiengesellschaft für Stickstoffdünger (West.)	15.000	45.000
North Western Cyanamide Co. (Odda)	24.000	52.000
— — — (Alby)	15.000	15.000
— — — (Meraker)	—	12.000
Stockholm Superphosphate (Joannisfors)	—	15.000
Societá per la fabricazione di prodotti azotati (Terni)	24 000	24.000
Société piémontaise de carbure (Saint-Marcel)	3.500	3.500
Societá anonima per la utilizazione delle forze idrauliche della Dalmizia (Almissa)	5.000	5.000
American Cyanamide Co (Niagara Falls)	24.000	24.000
— — (Albama)	—	24.000
Nipon-Tisso-Hiry Kabushiki Kaisha (Osaka)	12.000	12.000
	152.000	266.000

D'autres sels que le sulfate sont employés, mais en quantité beaucoup moindre ; ce sont : le carbonate d'ammoniaque, utilisé dans le procédé Solvay pour préparer plus de la moitié de la soude consommée dans le monde entier ; le chlorhydrate d'ammoniaque, employé en métallurgie pour le décapage des métaux, la protection des bains de métaux liquides ; enfin le nitrate et le perchlorate. Ces deux derniers ont été préparés depuis quelques années en assez grandes quantités et nous intéresseront plus particulièrement, parce qu'ils ont pu entrer dans la composition des explosifs qui, seuls, permettent de gagner les batailles, en brisant toutes les résistances.

II

A cause de son hygroscopicité, le nitrate d'ammoniaque n'était pas employé dans la préparation des poudres. Ce sel absorbe l'humidité et, s'il n'est pas renfermé dans des récipients étanches, il tombe en déliquescence.

La poudre ne peut plus *être sèche*, suivant un mot fameux.

Pendant longtemps même, on considéra le nitrate d'ammoniaque comme non explosif et d'un maniement sûr, n'exigeant par suite aucune précaution, même contre la chaleur, jusqu'au jour où, dans l'atelier d'un dentiste anglais, huit kilogrammes de nitrate, chauffés pour préparer du protoxyde d'azote, se décomposèrent rapidement en produisant une explosion assez violente.

L'histoire de la guerre de Sécession permettait cependant d'espérer que les nitrates, même déliquescents, pourraient être utilisés. A cette époque, le nitrate de potasse, seul nitrate inaltérable, était devenu très rare et très cher. Le nitrate de soude que l'on trouvait au Chili, ceux de chaux et de magnésie coûtaient moins cher, mais tous étaient déliquescents. Or, en 1862, Doremus [1] eut l'idée de préparer des cartouches en comprimant très fortement la poudre sur la balle. La poudre devenait très dure, résistante et prenait toutes les formes que l'on désirait.

Mais, en même temps, ces cylindres de poudre comprimée n'avaient plus besoin d'enveloppe pour les protéger contre l'humidité. Les cartouches occupaient moins de place que celles fabriquées avec de la poudre granulée. Dornbach perfectionna encore ces cartouches en les revêtant d'une mince couche de collodion. Cette douille très inflammable rendait inutile le déchirement de la cartouche. Il suffisait de laisser tomber tout simplement la cartouche dans le canon et la capsule à percussion enflammait la charge. La rapidité du tir en était ainsi augmenté.

Ce ne fut pas la seule conséquence de cette invention due à la guerre ; on sut utiliser le nitrate de sodium qui est, lui aussi, déliquescent. En Angleterre, on substitua dans la poudre de mine le nitrate de sodium à celui de potassium en y ajoutant un sel efflorescent, comme le sulfate de sodium, pour absorber l'eau fixée par le nitrate. Ainsi était conservée l'inflammabilité de la poudre.

Nous verrons, par la suite, ces deux inventions être appliquées précisément aux explosifs renfermant du nitrate d'ammoniaque. Vers cette époque fut indiqué, en France par le commandant Colson, et en Italie par le colonel Robert, le principe de la fabrication des poudres anhydres, que le colonel russe Wiener breveta plus tard [2]. Dans cette fabrication, qui n'est pas sans

1. Wells : *Ann. of scientif. discovery*, p. 97 ; 1862.
2. Br. anglais 3.731 ; 17 nov. 1873.

danger, on comprime les corps constituant la poudre, après leur mélange intime, dans une presse chauffée à 120° à l'aide de la vapeur. Le soufre fond et enrobe les divers éléments.

En réalité, la première poudre employée en France dans les armes de guerre et renfermant un sel ammoniacal fut la poudre Brugère; elle fut essayée avec assez de succès dans les chassepots. Elle renfermait 54 parties de picrate d'ammoniaque et 46 parties de nitrate de potassium. Elle ne fut pas adoptée, mais elle laissa entrevoir la possibilité d'augmenter la portée des armes par l'emploi de poudres puissantes et empêcha d'oublier les résultats obtenus, près de huit ans auparavant en Autriche, avec le fulmi-coton. Le général de Lenk, vers 1862, avait obtenu des résultats remarquables, rappelés dans le rapport présenté à la réunion de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, tenu à Newcastle vers la fin du mois d'août 1863. Il y était dit : « Les pièces s'échauffent moins qu'avec la poudre noire et l'absence de fumée rend les manœuvres et le pointage plus faciles. »

Par la suite, un assez grand nombre de poudres au picrate d'ammoniaque ont été proposées et employées. C'est ainsi que la poudre de guerre de Hill renferme des picrates alcalins. Halsey et Sauvage[1] ont proposé des poudres sans fumée dont le n° 1 est destiné à la charge des canons.

Tableau IV

	Poudre Hill	Poudres Halsey et Sauvage			
		1	2	3	4
Picrate d'ammoniaque..	53,79	68	73	50	47
— de potassium....	43,18	—	—	—	—
Bichromate de potassium	—	25	20	20	23
Permanganate de potassium (ou de sodium)...	—	7	7	7	—
Nitrate de baryum (ou strontium).....	—	—	—	23	30
Charbon.....	3,85	—	—	—	—

On peut citer cependant quelques poudres de guerre préparées avec du nitrate d'ammoniaque, entre autres : la poudre destinée aux canons de 152 mm. du croiseur italien *Piemonte*, livrée sous le nom S. A. 152, par la maison Armstrong; *la wellite*, fabriquée en Suisse et présentée comme poudre sans fumée. Cette dernière n'était pas plus sensible que la poudre noire à l'humidité atmosphérique. Mais dans ces deux poudres la proportion de nitrate d'ammoniaque n'était pas très élevée; elle est presque égale à celle du salpêtre dans les mélanges de Gaens[1].

1. Br. amér. 568.902; 6 oct. 1896. — Brev. français 284.114; 21 mars 1899.

Tableau V

POUDRE	S. A. 152	Wellite	Gaens
Nitrate d'ammoniaque	11,06	16,35	35 à 38
— de potassium .	62,00	64,41	40 — 50
Charbon.....	24,30	11,84	14 — 22
Soufre.....	1,30	9,80	—
Résine.....	1,34	—	—
Humidité.....	—	0,92	—

En réalité, l'emploi du nitrate d'ammoniaque dans les poudres ne fut pas important. C'est plutôt sous la forme d'explosif que le nitrate d'ammoniaque fut réellement utilisé, et pour la première fois vers 1867. Le mélange breveté en Suède, le 31 mai 1867, par Ohlson et Norrlin, presque en même temps que Nobel brevetait la dynamite, sous le nom d'*Ammoniakkrut*, n'était pas autre chose qu'une dynamite. Et même, à teneur égale en nitroglycérine, l'ammoniakkrut était plus puissante que la dynamite; mais, là encore, l'hygroscopicité du nitrate d'ammoniaque présentait un grave inconvénient. Les exsudations étaient augmentées et la conservation de l'explosif devenait très difficile.

L'année suivante, Bjœrkmann protégeait, le 9 juin 1867, par un brevet, une dynamite de composition fort voisine. En 1873, la British Dynamite Cy proposa une dynamite analogue à l'ammoniakkrut; elle renfermait 4 à 7 % de paraffine en remplacement d'une partie équivalente de nitrate d'ammoniaque. Les autorités militaires anglaises la refusèrent à cause de la déliquescence de l'azotate d'ammoniaque. Malgré cela, quelques dynamites au nitrate d'ammoniaque sont encore fabriquées en France, à Arles et à Cugny.

L'*ammonpulver*, fabriquée à la poudrerie Mayr et Roth, de Felixdorf, fut préconisée en Autriche au moment où la décomposition des poudres chimiques rendait douteuse leur conservation. Malgré sa grande sécurité, elle était d'un emploi délicat parce qu'elle était fortement hygroscopique. On la conservait dans des barils étanches spéciaux, système Ritter. Celle qui était destinée au remplissage des douilles de cartouches était moulée en cylindres creux, enveloppée dans du papier paraffiné; de plus, les douilles étaient hermétiquement fermées. L'ammonpulver s'employait avec succès dans les armes portatives et les canons à tir rapide. Pour les pièces de 4cm,7, 7cm, 12cm et 15cm sa composition était :

1. Br. français 172.548; 6 nov. 1885.

	4cm.7 et 7	12 et 15cm
Azotate d'ammoniaque..	85 %	37 %
— de potassium...	»	49 %
Charbon.....	15 %	14 %

Tableau VI

	Ammoniak Krut	Bjerkmann	Arles	Cugny 1	Cugny 2	Cugny 3
Nitroglycérine.....	10 à 20 %	18,12	40,00	40	20	22
Nitrate d'ammoniaque.	90 à 80 %	72,46	45,00	45	75	75
Nitrate de soude.....	6	—	4,70	5	—	4
Charbon.....	—	8,70	—	—	—	3
Sciure de bois purifiée	—		—	—	—	—
Benzine ou créosote...	—	0,72	—	-	—	—
Ocre rouge.....	—	—	0,30	—	—	—
Cellulose.....	—	—	10,00	10	5	—

III

Une cause toute différente de celle qui décide du choix d'un explosif allait mettre en faveur le nitrate d'ammoniaque et d'autres sels ammoniacaux, dont le rôle est jusqu'ici presque nul. En général, on a recours à un explosif pour obtenir des effets aussi puissants que possible, soit comme force, soit comme brisance. Les sels ammoniacaux furent employés pour abaisser la température de l'explosion : par suite aussi fut diminuée la puissance de l'explosif.

Il en arriva ainsi à la suite des beaux travaux de MM. Mallard et Le Châtelier, que continua la Commission du grisou. Dans une galerie de mine grisouteuse, deux dangers permanents existent : la présence de grisou en quantités telles que le mélange devienne explosible (8 à 15 %) et la suspension dans l'air de fines poussières de houille. Il est aisé de comprendre qu'une explosion déterminant un choc brusque et une forte élévation de température entraînera l'inflammation de l'un et l'autre des mélanges explosifs précités. Mais il faut un certain temps pour enflammer les mélanges d'air et de grisou et plus encore pour enflammer le mélange d'air et de poussières. Si l'espace dans lequel se produit l'explosion est assez grand, la détente éprouvée par les gaz les refroidira très rapidement et, par suite de leur retard à l'inflammation, ces mélanges explosifs ne s'enflammeront qu'après avoir été maintenus un certain temps à la température d'inflammation. Ce temps est d'autant plus long que la température est moins élevée. L'explosion ne doit laisser aucun résidu solide enflammé. Quelle est la masse de chaque explosif à employer, quel détonateur, quel mode de chargement, dans les différents cas, ce sont là autant de questions des plus intéressantes et des plus discutées que nous laisserons de côté pour envisager rapidement les diverses solutions adoptées.

Un belge, Guibal, semble avoir le premier exécuté des essais pour abaisser la température des produits de l'explosion ; mais le premier brevet pris à ce sujet fut celui de Mac Nab [1], qui proposa d'utiliser des cartouches entourées d'une certaine masse d'eau. L'échauffement et la vaporisation du liquide absorbaient une grande quantité de chaleur et en même temps diminuaient la fumée produite. Mac Nab indiquait en outre l'emploi de tubes scellés remplis d'ammoniac liquide ou l'addition de chlorure de sodium ou encore d'oxalate d'ammoniaque.

En 1897, Heath et Frost brevètent une composition pouvant retenir une grande quantité d'eau ; elle est constituée par du savon et de la colle et renferme 94 % d'eau.

Sur un principe un peu différent est fondée l'invention de MM. Müller et Aufschläger [2] qui, sous le nom de *Wetterdynamite*, ajoutent aux explosifs du sulfate de magnésium ou tout autre sel, mettant en liberté de l'eau de cristallisation et absorbant ainsi une partie de la chaleur des gaz de l'explosion. Citons aussi l'oxalate d'urée proposé par Hamilton.

Mais le sel le plus employé fut le nitrate d'ammoniaque, malgré son hygroscopicité, parce que sa température d'explosion de 1130° permettait d'abaisser celle des explosifs puissants sans leur ajouter une substance absolument inerte, qui peut être simplement projetée sans avoir réagi, comme il arrive parfois avec les wetterdynamites.

Voici l'influence de l'azotate d'ammoniaque sur la température de l'explosion :

Tableau VII

	Température de l'explosif seul	Addition de NO^3Am	Température du mélange
		0/0	
Dynamite gomme (8 % coton nitré).....	3090°	88	1493°
Dynamite à la guhr (25 % silice).....	2940°	80	1468°
Fulmicoton suivant son état et sa teneur en azote.....	2650° 2060°	90	1456°

Aussi est-ce ce sel qui entre dans la composition de la plupart des explosifs de sûreté, notamment dans ceux qui furent autorisés au début en France et dont voici quelques types des plus anciens :

1. Br. anglais, n° 9.688 (1893) et n° 16.777 (1898).
2. Br. angl. n° 12.424 ; 13 sept. 1887.

Tableau VIII

TYPE	Gomme	A	B	Sel C 1 *bis*				P		N			Gomme type K	Couche type I
				a	b	c	n° 2	1	2	a	b	c		
DATE DE L'AUTORISATION	8 mars 1893			2 septembre 1895				2 sept. 1895		2 septembre 1895			2 sept. 1895	
Composition														
Nitrate d'ammoniaque	70,0	80,0	88,00	93	78	50	50	80	90,5	95,5	91,5	87,40	67	87
Crésylate —	—	—	—	7	22	50	50	—	—	—	—	—	—	—
Nitroglycérine	29,1	79,6	11,76	—	—	—	—	—	—	—	—	—	30	12
Coton nitré	0,9	0,4	0,24	—	—	—	—	20	9,5	—	—	—	3	1
Mononitronaphtaline	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dinitro —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,40	—	—
Trinitro —	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,5	8,5	—	—	—

Les explosifs Na et Nb sont les explosifs Favier, appelés aussi grisounite couche et grisounite roche; Nc est l'explosif Favier appelé anti-grisou. De toutes parts sont proposés des explosifs à base de nitrate d'ammoniaque; les citer tous serait fastidieux et sans intérêt. Disons simplement qu'en plus des dérivés nitrés de la benzine, du toluène, de l'aniline, de la naphtaline, l'on ajoute, au nitrate d'ammoniaque du bioxyde de manganèse, des chromates...

D'autres sels ammoniacaux sont également utilisés pour abaisser la température de l'explosion et remplir ainsi une des conditions imposées aux explosifs de sûreté : l'un d'eux, le nitrate de cuivre ammoniacal, est encore explosif, mais les autres ne le sont plus du tout, comme l'oxalate, le citrate... Nous laissons momentanément de côté le perchlorate, qui est un explosif.

En 1887, Nobel[1] a proposé le nitrate de cuivre ammoniacal, seul ou mélangé à d'autres sels. La quantité de chaleur dégagée par le mélange ainsi préparé n'élevait la température que jusqu'à 1750°. Le bichromate d'ammoniaque sert à préparer des poudres sans fumée, telle que celle pour fusils de chasse, inventée par Bruneau postérieurement à la poudre S et appelée la poudre J. Elle renferme :

Nitrocellulose	85
Bichromate d'ammoniaque	15

Hinde a employé le citrate d'ammoniaque dans la dynamite fort complexe qu'il a brevetée et où se trouvent ensemble :

Nitroglycérine	64 »
Houille	23 »
Citrate d'ammoniaque	12 »
Palmitate d'éthyle	0 25
Carbonate de calcium	0 25
Soufre	0 50

1. Br. anglais 16.920; 8 déc. 1887. — Br. franç. 184.128; 9 juin 1887.

L'oxalate d'ammoniaque est ajouté par A. Prohaska, dans la proportion de 6°/₀, à la poudre hongroise, nommée pétralite ou poudre Liesch. Certaines variétés de l'antigrisou Favier renferment de 7,4 à 13°/₀ d'oxalate d'ammoniaque. La proportion augmente encore dans la *stowite* et la *saxonite*. La première en contient de 11 à 13 et la seconde de 14 à 27. Pour abaisser encore la température de l'explosion, ces deux poudres renferment en outre de l'eau. La dernière a été classée sur la *special list*[1] par la Commission anglaise.

En réalité, l'oxalate d'ammoniaque a été proposé pour diminuer la longueur et la durée de la flamme, ainsi que beaucoup d'autres substances[2] (vaseline, bicarbonates alcalins, savons alcalins et alcalinoterreux, résinates de soude, de baryte et d'alumine). Ce mode d'appréciation de la sécurité contre le grisou est d'ailleurs peu précis et il est préférable, comme l'a fait le regretté Dautriche[3], d'employer le procédé de mesure imaginée en 1888 par la Commission des substances explosives avec la collaboration de MM. Mallard et Le Châtelier. Cette étude a montré que la substitution de 3°/₀ de salpêtre à 3°/₀ de nitrate d'ammoniaque, dans un explosif de sûreté abaissait la température de 300° sans modifier sensiblement la force. Dans un des derniers brevets de Claessen[4], intitulé « procédé de fabrication de poudres sans fumée à la nitrocellulose et à la nitroglycérine », se trouve mentionnée l'addition, à l'une des deux sortes de poudres de guerre sans fumée utilisées par les Allemands, d'un pour cent d'oxalate double d'ammonium et de sodium. Le produit, renfermant 74°/₀ de nitrocellulose, avec 25°/₀ de nitro-

1. La *special list* est formée des explosifs, classés déjà comme explosifs de sûreté, mais qui sont en outre soumis à des épreuves spéciales.

2. Br. fr. 364.413 et addition n° 7749.

3. *C. R.*, t. CXLVI, p. 536; 1908.

4. Br. fr. 434.112; 11 sept., 16 mai 1911, 25 janv. 1912. Demande déposée en Allemagne le 26 mai 1911.

glycérine et l'oxalate, est laminé à 40-100° et comprimé à la même température à 400, puis à 1000 atmosphères. Toutes les poudres de Rotweil renfermaient un ou deux centièmes de nitrates alcalins, à ma connaissance du moins. Certes le problème de la suppression des lueurs n'est point résolu complètement, puisque la fumée apparaît quand la lueur s'atténue et l'on peut admettre que la somme — lueur + fumée — reste constante.

IV

Le nitrate d'ammoniaque était, de tous les sels ammoniacaux précités, le plus employé à cause de sa propriété explosive, quand il est mis au contact d'un détonateur puissant. Malheureusement son hygroscopicité en rendait l'emploi difficile et des conditions très dures furent imposées, par prudence, aux fabricants des divers explosifs de sûreté à base de nitrate d'ammoniaque.

Les cartouches sont en papiers enduits de cire ou de paraffine. Une limite de temps est souvent imposée pour l'emploi de ces cartouches. Citons, entre autres, les conditions imposées en Autriche à l'explosif M. C. n° 3, dont la composition est :

Nitrate d'ammoniaque.....	91,60
Coton poudre collodion	8,40

et qui appartient à une série de sept explosifs fort analogues à ceux adoptés en France. Cet explosif doit être emballé dans une première enveloppe en papier parchemin, puis celle-ci est enveloppée elle-même d'un papier métallisé, et la double cartouche est encore entourée d'un papier paraffiné. L'ensemble est plongé dans un bain de paraffine fondue. Les cartouches sont enfin placées par dix dans des boîtes en carton protégées par un enduit de paraffine.

Aussi chercha-t-on à éviter d'aussi onéreux empaquetages en s'efforçant de diminuer et même de supprimer l'hygroscopicité du nitrate d'ammoniaque. Le problème n'a rien d'impossible. N'a-t-on pas vu un sel d'un usage courant et journalier, puisqu'il est le sel ordinaire, le sel fin, prendre une forme qui lui enlevait son hygroscopicité et l'empêchait de s'agglomérer surtout au moment des froids humides?

Le problème est peut-être moins facile avec le nitrate d'ammoniaque, qui tombe plus facilement en déliquescence. Des solutions différentes du problème ont été proposées et adoptées : tantôt l'explosif est introduit tout de suite après sa préparation dans un récipient étanche, tantôt chaque cristal est enrobé, tantôt au contraire c'est tout l'ensemble qui est enrobé. Certains ont cherché, comme nous l'avons déjà vu, à ajouter un sel efflorescent pour absorber l'eau qui entraînerait la déliquescence du nitrate; enfin d'autres se sont efforcés de purifier l'azotate d'ammoniaque ou de le mettre dans un état physique tel qu'il devienne insensible à l'humidité atmosphérique.

Dans le premier cas, le problème est résolu d'une manière fort simple. L'explosif de rupture, proposé en 1886 par le professeur Léon Pesci et le capitaine de frégate E. Zini, et constitué par les mélanges suivants :

	n° 1	n° 2
Picrate d'ammoniaque. . . .	60,59	27,76
Nitrate d'ammoniaque. . . .	39,41	72,24

était préparé en ajoutant à une solution étendue et chaude de nitrate d'ammoniaque le picrate finement pulvérisé. Le liquide jaune, mobile, couleur de maïs (d'où le nom de *maizite* donné à l'explosif), était coulé directement dans les obus. La fermeture était étanche. Il est à noter que le mélange n° 2 présentait, d'après les essais exécutés alors, une grande sécurité au choc.

Par le second procédé, on enrobait, soit tout l'ensemble de l'explosif, soit chaque grain séparé. Abel [1], en 1886, inventa une poudre sans fumée contenant cent parties de nitrocellulose pulvérisée et sèche, additionnées de dix à cinquante parties d'azotate d'ammoniaque sec. En y ajoutant du pétrole ou un de ses dérivés, la masse devenait pâteuse et pouvait être transformée en blocs, cylindres ou grains. Les produits ainsi préparés étaient immergés dans une solution susceptible de dissoudre partiellement la nitrocellulose. Par évaporation, cette dissolution laissait une pellicule de collodion enveloppant d'un vernis protecteur chaque bloc ou chaque grain. Il convient de rappeler que l'année précédente Penniman [2] avait proposé l'emploi du pétrole ou de ses produits, mais seul, pour protéger le nitrate d'ammoniaque contre l'humidité.

Les procédés d'enrobage proposés dès le début sont extrêmement ingénieux et n'ont guère été modifiés plus tard. De Montravel [3], en 1889, enrobe les grains de poudre par addition de dinitrobenzine et chauffage, de manière à amener la fusion de l'hydrocarbure nitré. C'est à l'aide de l'oléate d'alumine que Buechert [4]

1. Br. anglais n° 4.803; 14 sept. 1886.
2. Br. français 166.946; 20 février 1885.
3. Br. anglais 4° 5.031; 22 avril 1889.
4. Br. anglais n° 15.887; 21 août 1894 (nitrate de sodium, nitroglycérine, pulpe de bois avec chlorate et sulfate d'ammoniaque).

protège les grains de sa poudre et contre l'humidité atmosphérique et contre toute réaction entre le nitrate de soude et le sulfate d'ammoniaque.

Pieper[1] effectue le mélange du nitrate d'ammoniaque et d'hydrocarbures nitrés à l'aide d'un dissolvant comme l'alcool, de manière à enrober tout l'ensemble :

Nitrate d'ammoniaque . . .	91
Nitronaphtaline	9

Il constate en outre que, par addition d'alcool, la force de l'explosif est augmentée. Le procédé de Von Stubenrauch[2] pour l'enrobage des explosifs consiste à les imprégner d'une huile renfermant du chlorure de soufre. Il se forme ainsi un enduit résistant, puisque l'un des meilleurs factices, employés pour charger le caoutchouc, est préparé ainsi. Plus tard, le même inventeur[3], à Carlsruhe, prend un brevet relatif à un procédé pour l'obtention d'un explosif à base de nitrate d'ammoniaque, se conservant dans des gargousres en papier ordinaire, analogues à celles employées pour la dynamite. Il fond le nitrate d'ammoniaque dans une capsule à double fond, avec du ferrocyanure de potassium. Il y ajoute 20 parties de trinitrotoluène, dont le pouvoir enveloppant et agglomérant avait déjà été signalé; mais, ne trouvant pas dans cette addition une protection suffisante, l'inventeur ajoute une matière qui rend l'explosif plus insensible à l'humidité, telle que de la gutta, de la résine ou autre matière analogue. Enfin, il emploie un procédé différent que nous retrouverons : l'addition de carbonate de magnésium ou de sodium, de sciure de bois, de cellulose chauffée, imprégnée ou non d'alcool et tenant dissolution du nitrate de potassium.

La Société Sprengstoff Aktiengesellschaft Carbonit[4], pour supprimer l'hygroscopicité des poudres à base de nitrate d'ammoniaque, prépare une pâte avec le nitrate d'ammoniaque, 6 à 8 °/₀ de farine de seigle et 7 °/₀ d'eau. La pâte est obtenue à chaud. Après dessiccation, on la pulvérise et on ajoute de la laine collodionnée très divisée dans la proportion de 0,5 à 5 °/₀. Le mélange ainsi divisé est introduit dans un tambour et aspergé de trinitroglycérine jusqu'à absorption complète. La trinitroglycérine est gélatinisée et tout l'ensemble est graphité. Il renferme :

Nitrate d'ammoniaque	81
Farine de seigle.	6
Laine collodionnée	1
Nitroglycérine.	9
Graphite.	3

Pour éviter l'altération de la nitrocellulose sous l'action de la chaleur humide, Pipitz[1] avait préparé une poudre sans fumée dont tous les grains étaient formés d'une nitrocellulose obtenue d'une manière spéciale. Chaque grain était enveloppé de collodion et, après élimination de l'alcool et de l'éther, enrobé dans une couche de paraffine. L'aluminium et le graphite ont été employés dans le même but pour protéger les poudres de guerre allemande.

Il semble que tous ces procédés dérivent de ceux brevetés par Sjöberg[2], qui proposa la fabrication d'un explosif par dissolution de nitrate d'ammoniaque dans un hydrocarbure liquide gélatinisé à l'aide d'un hydrocarbure solide et mélangé avec du chlorate de potassium également gélatinisé, et la gélatinisation de tout sel d'ammoniaque par dissolution dans un hydrocarbure.

Tout différent est le principe breveté par Barbe[3], qui fut un des premiers à diminuer la sensibilité explosive du coton-poudre en l'addition de nitrates organiques ou de nitrate d'ammoniaque. Afin de diminuer l'hygroscopicité de ce dernier sel[4], il lui ajouta un sel efflorescent, le carbonate d'ammoniaque. Otto Frank[5], de Berlin, prétend, par addition de permanganate de potasse aux explosifs de sûreté à base de nitrate d'ammoniaque, obtenir un effet comparable. Suivant lui, la puissance de ces explosifs est augmentée et en même temps leur stabilité et leur résistance aux influences atmosphériques.

Les « perfectionnements à la fabrication des explosifs nitratés » de L. Müller[6] à Berlin, d'après son brevet, consistent à augmenter la résistance à l'humidité atmosphérique en même temps que leur force brisante, en les soumettant à une forte pression. Le produit compact obtenu à la presse est ensuite pulvérisé et granulé aux dimensions voulues. Cette idée avait été mise en pratique par Doremus.

1. Br. anglais 13.773; 9 déc. 1893. Br. français 240.772; 16 août-16 déc. 1894.
2. D. R P. 104.505; 28 janv. 1898.
3. Br. français 278.527; 2 janv. 1898-23 sept. 1898.
4. Br. français 278.596; 24 août 1898-5 déc. 1898, et certif. d'addition.

1. Br. anglais, 18.935; 5 sept. 1898 — 26 août 1899.
2. Br. français 173.482; 12 janv. 1886 et 2 sept. 1887.
3. Br. français 159.214 du 17 déc. 1883.
4. Br. français 168.189 du 10 avril 1885.
5. D. R. P. 96.797; 27 juin 1895.
6. Br. anglais 8.044 du 4 avril 1898.

V

Grâce aux précautions imposées par les Commissions d'essais dans les divers pays et grâce à l'ingéniosité des inventeurs, les explosifs au nitrate d'ammoniaque, fort nombreux, comme l'a montré l'énumération incomplète qui vient d'être faite, furent de plus en plus employés, pour des raisons quelquefois différentes de leur valeur : règlement moins sévère pour leur emploi et leur magasinage, impôt moins élevé... Quoi qu'il en soit, l'attention fut tournée du côté du nitrate d'ammoniaque, et, après l'avoir employé pour diminuer la température d'explosion et par suite la force de l'explosif, on se préoccupa d'augmenter cette force, en élevant la température et ce, pour pouvoir utiliser le nitrate d'ammoniaque dans tous les emplois possibles des explosifs.

L'*ammonal* fut le premier explosif de ce genre. Il a été breveté au nom de Führer, un Viennois, sous le titre : « Perfectionnements apportés aux explosifs. » Le brevet[1] indique que l'invention consiste à introduire de l'aluminium dans les mélanges explosifs pour en augmenter l'énergie. Le mélange est effectué d'après la formule suivante, la meilleure suivant l'inventeur :

$$4NH^4NO^3 + Al^2 + C = 4N^2 + 8H^2O + Al^2O^3 + CO.$$

Dans son brevet anglais[2], Führer indique que l'on peut employer le magnésium ou l'aluminium. L'oxydation de l'un ou l'autre des deux métaux augmente l'effet de l'explosion et le meilleur mélange est celui de l'aluminium et du nitrate d'ammoniaque.

En réalité, l'explosif était de l'invention de Hans von Dahmen; il fut fabriqué par la poudrerie Mayr et Roth, de Felixdorf, en Autriche. Sa sécurité de manipulation était si grande, d'après les essais effectués en Autriche, qu'un obus de rupture, chargé de ce produit, tiré contre un blindage, pouvait traverser la plaque et même se briser sans que l'explosion se produisît, tant que la fusée ne fonctionnait pas.

Peu de temps après, Führer brevète[3] une « composition fulminante de sûreté en remplacement des fulminates ». Elle est constituée par un mélange de 30 à 40 parties de nitrate d'ammoniaque, de 25 à 42 parties de chlorate de potassium, de 10 à 17 parties de soufre avec 18 à 28 parties d'aluminium.

L'exemple est donné et de tous côtés apparaissent des brevets fondés sur l'addition de l'aluminium :

1. Br. français 303.423; 30 août 1900 — 3 déc. 1900.
2. Br. anglais 16.277; 13 sept. 1900.
3. Br. français 315.119; 18 octobre 1901 — 23 janv. 1902.

Nouveaux détonants servant à amorcer la détonation d'explosifs par Bielefeld[1] à Berlin. Ils sont obtenus par l'addition d'aluminium pulvérulent à des substances détonantes et à des corps susceptibles de céder de l'oxygène.

Mélange détonant par Hans von Dahmen[2] à Vienne. Ce mélange est identique à celui de Führer; il renferme 30 à 40 parties de nitrate de cuivre ammoniacal, 25 à 42 parties de nitrate de potassium, 7 à 10 parties de soufre, 18 à 28 parties d'aluminium. Bientôt des poudres métalliques autres que celles d'aluminium ou de magnésium sont utilisées.

Les « nouveaux explosifs puissants, à base de nitroglycérine et de métaux à l'état divisé », brévetés par la Société générale pour la fabrication de la dynamite[3], résultent de l'addition de métaux très divisés, tels que l'aluminium, le magnésium, le fer et le zinc, en proportions variables, à la nitroglycérine gélatinisée ou à des composés binaires.

En 1902, la poudrerie Köln-Rottweil fabrique deux explosifs au nitrate d'ammoniaque qui portent les noms de *Kohlen-Anagonssprengpulver* et *Gesteins-Anagonssprengpulver*, renfermant, le premier, 1 %, le second, 5,5 % d'aluminium.

L'addition de fer, de ferrosilicium est bientôt proposée. Citons d'ailleurs quelques-uns de ces brevets, au milieu desquels paraît étrange celui pris par F. E. Bowen[4] à Londres. Cet inventeur ajoute de l'aluminium ou du magnésium en poudre à du charbon, des hydrocarbures, des hydrates de carbone ou des combinaisons organiques nitrées et en même temps de l'oxalate d'ammoniaque pour en abaisser le point d'inflammation.

Le « composé explosif » de Clepek[5], de Vienne, est un mélange de 10 à 15 % d'aluminium avec un explosif renfermant 85 % de nitrate d'ammoniaque et 15 % de nitrate d'aniline. La Société Roth[6] améliore ses explosifs formés de poudre noire et de bioxyde de plomb en y ajoutant un mélange renfermant 45 % d'azotate d'ammoniaque, 33 % de bi ou trinitrotoluène et 22 % d'aluminium.

Les « améliorations aux explosifs » de W. Mac Nab and Ammonal Explosives L^d à Londres[7] consistent à ajouter aux explosifs, renfermant du nitrate d'ammoniaque et de l'aluminium, du

1. Br. français 309.835; 11 avril 1901 — 10 juillet 1901. — Br. anglais 7148 du 4 avril 1901.
2. Br. amér. 702.357; 2 déc. 1901 — 10 juin 1902.
3. Br. français n° 317.404; 30 déc. 1901 — 12 mai 1902.
4. Br. anglais 21.481 et 21.482 du 6 oct. 1903.
5. Br. amér. 697.493; 27 février — 15 août 1905, et br. franç. 351.667; 16 févr. — 11 mars — 21 juillet 1905.
6. Br. franç. 355.695; 28 juin — 8 septembre — 9 nov. 1905.
7. Br. anglais 16.154; 14 août 1905.

bichromate de potassium en petite quantité, afin de pouvoir introduire ensuite de l'aluminium en plus grande quantité.

Voici enfin les brevets de M. Vessel[1], norvégien; de MM. Schulze et Gehre[2], allemands; de S. Ryen Holmen[3] à Christiania; des Sprengstoffwerke Dr Nahnsen und Co Aktienges.[4], et de Sprengel[5].

Schulze et Gehre emploient des dérivés bi ou trinitrés du méthylène et du pseudocumène, avec addition de nitrate d'ammoniaque, de soude et de fer finement pulvérisé. Vessel comprime les mélanges de sels ammoniacaux et de métaux. Comme métaux, il emploie non seulement le magnésium et l'aluminium, mais encore le ferrosilicium ou tout autre alliage. S. Ryen Holmen affirme que son explosif, formé de nitrate d'ammoniaque avec 5 à 25 % de fer et un peu de bioxyde de manganèse, ne présente aucun danger dans le transport et possède une force considérable. La société Sprengstoffwerke Dr Nahnsen und Co utilise les siliciures de calcium et d'aluminium avec le nitrate d'ammoniaque. L'explosif de Sprengel contient cinq parties de siliciure de calcium et autant d'aluminium.

L'addition d'aluminium et en général de métalloïdes, de métaux, de leurs combinaisons ou alliages oxydables exalte le pouvoir explosif du nitrate d'ammonium et répond bien à l'idée que l'on se forme d'un explosif, même sans être un spécialiste, puisque la température est surélevée. Les gaz produits, toujours ou presque toujours de la même manière, occupent un volume plus considérable parce qu'ils sont portés à une température plus élevée. Mais la forme sous laquelle est employé l'aluminium a une très grande importance. Les grains ne conviennent pas toujours.

VI

Si le nitrate d'ammonium n'est pas un véritable explosif, il n'en est plus de même du perchlorate d'ammoniaque que l'industrie électrolytique permet de préparer facilement. Vers 1900 apparurent les explosifs à base de perchlorate d'ammoniaque brevetés par Yonck, Carlson, Turpin...

Dans la série des combinaisons du chlore avec l'oxygène, il est à remarquer que la stabilité va en augmentant au fur et à mesure que l'oxygène s'accroît dans la molécule et éloigne les atomes de chlore du groupement des atomes de l'ammonium — et cela est vrai pour tous les autres sels.

Hypochlorite, Cl — O — NH^4, non isolé, trop instable.

Chlorite, Cl — O — O — NH^4, se décompose même à l'obscurité.

Chlorate, Cl—O—O—O—NH^4, se décompose avec violence à 102°, souvent spontanément.

Perchlorate, Cl —O—O—O—O—NH^4, stable.

Le titre du premier brevet de Carlson[1] à Stockholm est : « Préparation de substances explosives composées de perchlorate d'ammoniaque et de corps combustibles ». Voici les mélanges proposés :

Tableau IX

Perchlorate d'ammoniaque.....	40-80	51-80	60-70	60-70	80	80
Ostalka (résidu de pétrole).....	3-10	—	4-10	—	—	—
Naphtaline.....	5-8	20-0	—	—	—	—
Pétrole.....	—	—	20-10	—	—	—
Paraffine	—	25-10	10-20	10-20	—	—
Farine de bois...	20-5	—	—	—	—	—
Charbon de bois.	—	5-20	—	—	—	—
Vaseline.....	—	—	—	—	7-16	—
Sucre.....	—	—	—	—	—	32-18

Celui de M. Turpin[2] est : « Nouvelle poudre alcaline à base de perchlorate d'ammoniaque seul ou combiné, avec ou sans flamme et à double effet, dite Pyrodyalite ». M. Turpin rend ces explosifs alcalins en y ajoutant 25 % de carbonate de soude ou d'ammoniaque. Il supprime toute flamme par addition de 40 à 50 % de carbonate ou d'oxalate d'ammoniaque. Les mélanges de Yonck[3] renferment quantités égales de perchlorate et de nitrate d'ammoniaque, ou 50 % du premier sel avec 40 % de carbonate ou oxalate d'ammoniaque et 10 % de trinitrotoluène. Alvisi[4] propose d'utiliser des mélanges de perchlorate avec un cinquième de son poids de cannel. Le cannel de Scozia lui paraît préférable aux autres.

A Bruxelles, Marin[5] a bréveté des explosifs à base de perchlorate d'ammoniaque avec addition d'autres sels ammoniacaux, de naphtaline et parfois aussi d'un sel alcalin ou alcalinoterreux. Nous laisserons de côté les nombreux brevets pris depuis quatorze ans sur l'emploi du perchlorate d'ammoniaque. Bien utilisé, il peut

1. Br. norvégien n° 15.759; 7 février 1907.
2. Br. franç. 352.990; 9 mars — 17 juin — 30 août 1905.
3. Br. norvégien 19.999; 25 février 1909.
4. Br. franç. 422.492; 12 nov. 1910, 20 janv. — 22 mars 1911. — Déposé en Allem., 11 mai 1910.
5. Br. franç. 423.296; 3 déc. 1910.

1. Br. franç., 266.068; 16 avril 1897 — 40 juillet 1897.
2. Br. franç., 223.269; 2 nov. 1898 — 24 février 1899.
3. Br. belge 144.499; 28 juin 1899 et 143653; 6 juillet 1899.
4. Br. belge 148.189; 27 février 1900.
5. Br. belge n° 140.233; 18 janv. 1899.

rendre de grands services; mais son emploi récent comme explosif, surtout comme explosif de guerre, invite à la plus grande prudence. Il faut qu'un explosif soit sûr, et il faut qu'il détonne.

VII

Là ne s'arrête point le rôle de l'ammoniaque en temps de guerre, et, dans la conférence faite le 14 juin dernier à l'Association chimique industrielle italienne, M. le professeur Guareschi cite le gaz ammoniac au nombre des 21 gaz dangereux à respirer et dont la fabrication est industrielle.

Certes l'ammoniaque est vénéneuse. Dès que l'air en renferme cinq dix-millièmes, des phénomènes d'irritation apparaissent. Toutes les muqueuses touchées sont douloureuses; la glotte se resserre. Si la teneur s'élève, des accidents plus graves et la mort peuvent s'en suivre, quand le séjour est prolongé dans l'atmosphère viciée. Mais il faut pour cela un temps assez long. Le gaz ammoniac n'est donc pas un gaz toxique aux effets foudroyants comme ceux produits par l'acide cyanhydrique. Son effet est aussi moins prompt et moins durable que ceux des hydrogènes sulfuré, phosphoré et arsénié. Mais surtout ce qui le rend inemployable par nos barbares ennemis, ce sont et sa grande légèreté (il ne pèse guère plus de la moitié de l'air) et sa grande solubilité dans l'eau.

Il n'est en effet guère plus difficile à liquéfier que le chlore et il n'attaque pas du tout le fer, même en présence de traces d'eau. D'après Bunsen, les forces élastiques de la vapeur d'ammoniac liquide à diverses températures sont les suivantes :

Températures	Pressions en atmosphères
—	—
— 33°7	1
— 5°	4
0	4,8
+ 5°	5,6
+ 10°	6,5
+ 15°	7,6
+ 20°	8,8

Quoique peu employées, les machines à glace à ammoniac liquéfié fonctionnent bien et leur emploi montre que ce liquide est fort maniable et qu'il pourrait être utilisé à la guerre.

Les sels volatils d'ammoniaque possèdent les mêmes propriétés que l'ammoniaque, en y ajoutant parfois un caractère propre. S'il était nécessaire d'utiliser comme armes défensives ces divers produits, les Alliés n'auraient rien à craindre au point de vue de la concurrence et seraient mieux armés qu'ils ne l'étaient pour le chlore et le brome, ainsi que nous le verrons ultérieurement en étudiant les différentes sources d'ammoniaque.

Nicolas Flamel.

LES PROGRÈS DE LA LAMPE ÉLECTRIQUE A INCANDESCENCE

I. — COUP D'ŒIL RÉTROSPECTIF

Sans vouloir entreprendre un historique complet de la lampe électrique à incandescence, on peut y relever quelques traits significatifs. Ce qui en caractérise surtout les débuts, c'est l'hésitation évidente des constructeurs devant le choix du conducteur à échauffer et le milieu dans lequel sera produite la lumière. Nous verrons ainsi certaines solutions tour à tour adoptées, puis délaissées, reprises ensuite et abandonnées, peut-être seulement pour un temps. Il ne faudrait pas voir dans ces vicissitudes un simple désir de changement, un caprice sans objet; car, à examiner de près cette singulière évolution, on s'aperçoit que quelque détail, jadis négligé ou impossible à réaliser avec les moyens de l'époque, a permis, quelques années plus tard, de mettre au point un mode d'éclairage impraticable auparavant.

La première lampe à incandescence, construite par de Moleyns, en 1841, contenait un filament de platine. L'idée d'employer un filament de charbon paraît due à King, si l'on s'en rapporte à son brevet, pris en 1845. Cependant, d'après Giffard, King n'aurait été que l'agent du véritable inventeur, J.-W. Starr. Pour empêcher la combustion du charbon, celui-ci était enfermé dans un globe de verre où l'on faisait le vide. De Changy, dans un brevet en date du 17 mai 1858, spécifiait l'emploi de filaments obtenus en passant à la filière des pâtes de plombagine agglomérée avec de l'argile. M. A. Turpain assure qu'il essaya aussi des fibres végétales calcinées[1].

Ces premières tentatives avaient passé presque inaperçues : il ne pouvait guère en être autrement, à l'époque où l'on ne disposait, pour produire l'électricité, que des piles, générateurs beaucoup trop coûteux, et l'éclairage électrique ne devint industriellement possible qu'après les travaux de Gramme. Les essais précédents étaient donc oubliés, quand Edison commença la longue série de ses recherches sur l'éclairage par incandescence. En 1878, il tentait de lancer dans le commerce une lampe à fil de platine, mais n'aboutit qu'à un échec, ce luminaire n'étant manifestement rien moins qu'économique. L'année suivante, Sawyer revenait aux filaments de charbon, qu'il enfermait dans des ampoules pleines d'azote. Edison reconnaissait alors l'avantage des fibres végétales carbonisées et se livrait à d'extraordinaires investigations, avant de fixer son choix sur une certaine espèce de bambou. Des émissaires avaient été envoyés dans tous les pays du monde, chargés d'en explorer les régions les moins connues et d'en étudier la flore : « William Moore fut expédié en Chine et au Japon, Frank McGowan remonta l'Amazone pendant 2.300 milles, poussant de l'Atlantique au Pacifique ses investigations dans l'Amérique du Sud, violant des districts de bêtes fauves et d'Indiens hostiles, et finalement, après de grandes souffrances, disparaissant complètement. On n'en a jamais retrouvé de traces. M. Ricalton explora les jungles de Pondichéry, de Bangalore, de Madras, de Bombay et de Delhi, gravit l'Himalaya en s'élevant à 6.000 pieds, suivit le Gange jusqu'à son embouchure, sonda les brousses de l'Iraouaddy, de l'estuaire à Mandalay, et retourna la péninsule malaise et l'île de Ceylan[1]. » Pendant ce temps, Edison ne restait pas inactif, dans son laboratoire de New-Jersey, et tous ces travaux, toutes ces peines et toutes ces dépenses concouraient à un résultat bientôt dépassé par des procédés de fabrication infiniment plus simples.

Le filament de bambou, tel qu'on l'utilisait en 1885 (fig. 1), consommait 4,4 watts par bougie. En 1890, la dépense était réduite à 3,5 watts, avec le filament préparé par tréfilage d'une pâte de cellulose, procédé analogue à celui que suggérait de Changy. Les fabricants s'attachaient à réaliser un vide aussi parfait que possible, non seulement pour éviter la combustion du charbon, mais aussi afin d'empêcher les pertes de chaleur par convection. Cependant, Nernst, en 1897, s'affranchissait de cette sujétion et laissait à l'air libre son bâtonnet de magnésie, remplacé peu après par divers mélanges de terres rares. Il obtenait ainsi, au prix de quelque complication dans l'allumage, une très belle lumière, en ne dépensant que 1,8 watt par bougie. La vogue en fut néanmoins éphémère. Comme le fait très justement remarquer M. Houllevigue, « la lampe Nernst se meurt, étouffée par la double concurrence du manchon Auer et des nouvelles lampes électriques à filament de tungstène, et c'est une chose assez triste de voir une si belle invention,

1. La lumière (Ch. Delagrave, éditeur), page 226.

1. Edison raconté par lui-même (*Les Annales politiques et littéraires*, 13 novembre 1910, p. 461).

qui a coûté tant d'intelligence, d'activité laborieuse et de capitaux, disparaître ainsi en pleine jeunesse, sans avoir connu la plénitude du succès[1]. »

Le rendement des lampes à incandescence s'est progressivement amélioré, à mesure que l'on est parvenu à élever davantage la température de leurs filaments. Avec les filaments de

Fig. 1. — *Lampe à incandescence fabriquée en 1885* (100 bougies, 440 watts).

Photographie prise à la même échelle que la figure 3.

charbon, la température de régime devait rester voisine de 1.570° : si elle dépassait 1.600°, la désagrégation du conducteur devenait très rapide, et le verre qui l'entourait noircissait en quelques instants[2].

En 1900, Auer remplaçait le carbone par l'osmium, dont le point de fusion est proche de 2.500°, et réduisait ainsi la dépense à 1,5 watt par bougie. La grande conductibilité du métal rendait difficile la fabrication des lampes pour les voltages couramment utilisés, et, à ce point de vue, le tantale fut avantageusement substitué à l'osmium, par Siemens, en 1904. Seulement, le point de fusion étant un peu moins élevé (2.300°), la dépense remontait à 2 watts par bougie.

Les meilleurs rendements ont été obtenus avec le tungstène. Ce métal était jadis considéré comme très rare, et l'on n'en voyait que de minuscules échantillons, dans les collections de chimie ou de minéralogie. Aujourd'hui, on en prépare plus de 4.000 tonnes par an, dont la majeure partie est destinée à l'industrie de l'acier. Le prix moyen en est de 9 francs le kilog, et, comme cette quantité suffit à la fabrication de 45.000 lampes, on voit que la matière première de chaque filament ne revient pas bien cher.

Les premières lampes au tungstène, construites en 1906, consommaient 1,3 watt par bougie. A cette époque, on ne pouvait obtenir, par compression, que des filaments fort courts, qu'il fallait souder bout à bout pour arriver à une longueur convenable. La dépense fut réduite à 1 watt par bougie, en associant l'osmium au tungstène. La lampe *Osram* est à la fois économique par sa faible consommation et sa longue durée. Son nom lui vient de la composition de son filament : *os*, première syllabe d'osmium, et *ram*, fin du mot *wolfram*, nom allemand du tungstène.

En 1910, on réussit à fabriquer des filaments de tungstène étirés. C'était un sérieux avantage, au point de vue de la résistance mécanique, mais le rendement ne s'en trouvait guère amélioré. Des recherches méthodiques, entreprises par MM. Irving Langmuir et Orange, dans les laboratoires de la General Electric C°, de Shenectady, les ont conduits à la réalisation d'une lampe à incandescence ne consommant que 0,5 watt par bougie.

II. — La lampe a spirale de tungstène dans l'azote

Cette lampe date de 1913. Jusque-là, les filaments de tungstène n'étaient portés qu'à des températures notablement inférieures au point de fusion de ce métal, évalué à 3.080°. On avait bien observé qu'en les survoltant jusqu'à un degré voisin de cette température, on pouvait réduire la dépense à 0,2 watt par bougie ; seulement, cette expérience prenait fin après quelques secondes, le filament étant immédiatement désagrégé. Si l'on se contentait d'un rendement de 0,5 watt par bougie, la vie du filament se prolongeait pendant une trentaine d'heures, mais le verre de l'ampoule noircissait si rapidement que la lampe devenait pratiquement inutilisable bien avant cette limite. Enfin, si l'on acceptait une dépense de

1. L. Houllevigue : *La Matière, sa vie et ses transformations*, p. 151.
2. Eric Gérard : *Leçons sur l'Electricité*, t. II, p. 525 de la 5e édition.

0,8 watt par bougie, on n'arrivait encore qu'à une durée utile de 350 heures (fig. 2).

Ce noircissement trop prompt était resté, pendant près de 8 ans, le principal obstacle à l'amélioration du rendement des lampes à filament de tungstène. La cause en avait été d'abord attribuée à des traces de vapeur d'eau demeurées dans l'ampoule. Au contact du filament incandescent, l'eau était dissociée, l'oxygène se combinait au tungstène, et l'oxyde de tungstène volatil allait se condenser sur les parois froides de l'ampoule, où l'hydrogène libre le décomposait, laissant sur le verre du tungstène métallique et reconstituant la vapeur d'eau. Celle-ci se dissociait de nouveau sur le filament chaud, et le même phénomène se renouvelait, en un cycle ininterrompu.

Cependant il fut reconnu que, même sans vapeur d'eau, la lampe noircit encore assez rapidement, lorsqu'on essaie d'augmenter le rendement, et ce noircissement ne peut alors être attribué qu'à la volatilisation du filament. L'inconvénient du dépôt formé sur le verre avait d'abord été évité en transformant les particules métalliques opaques en un composé incolore et transparent. A cet effet, on introduisait dans la lampe des composés chimiques qui, portés à une certaine température par le voisinage du filament incandescent, dégagent, soit de l'oxygène, soit des halogènes en quantité extrêmement faible. Ces gaz se combinent avec les particules de tungstène et forment des composés qui se déposent sur les parois du verre, mais n'interceptent plus les rayons lumineux. On avait pu fabriquer ainsi des lampes ne dépensant que 0,8 à 1 watt par bougie, mais des lampes de forte intensité seulement. L'impossibilité d'étendre cette solution aux faibles foyers tient à ce fait qu'elle ne supprime que les résultats d'un phénomène, sans en faire disparaître la cause. Or, en admettant que la volatilisation enlève au filament une couche de 1/1000 de millimètre d'épaisseur, il est évident qu'un filament de 0,01 millimètre serait bien plus fortement endommagé qu'un filament de 0,3 millimètre de diamètre.

Il s'agissait donc d'empêcher effectivement la volatilisation elle-même. On a d'abord supposé qu'elle était due à une décharge électrique produite dans les dernières traces de gaz, toujours contenues dans une lampe, si parfait qu'en soit le vide; mais c'est plutôt une des conséquences de la température très élevée à laquelle est porté le filament. Le mouvement rapide des molécules métalliques fortement chauffées tend à leur faire perdre leur force de cohésion, et, si rien ne s'oppose à leurs déplacements, elles s'échappent en ligne droite, jusqu'aux parois de l'ampoule, où elles se déposent. Ce mouvement rectiligne est attesté par les lacunes mêmes du dépôt: les figures observées sur le verre sont les ombres portées par les pièces intérieures de la lampe, qui interceptent les molécules métalliques.

La volatilisation s'atténue, si l'on remplit de gaz l'espace qui entoure le filament. L'idée n'était pas nouvelle et avait même été appliquée aux lampes à filament de charbon, dont l'évaporation était notablement ralentie par la présence d'un gaz non comburant, tel que l'azote. On y avait cependant renoncé, parce qu'il en résultait une

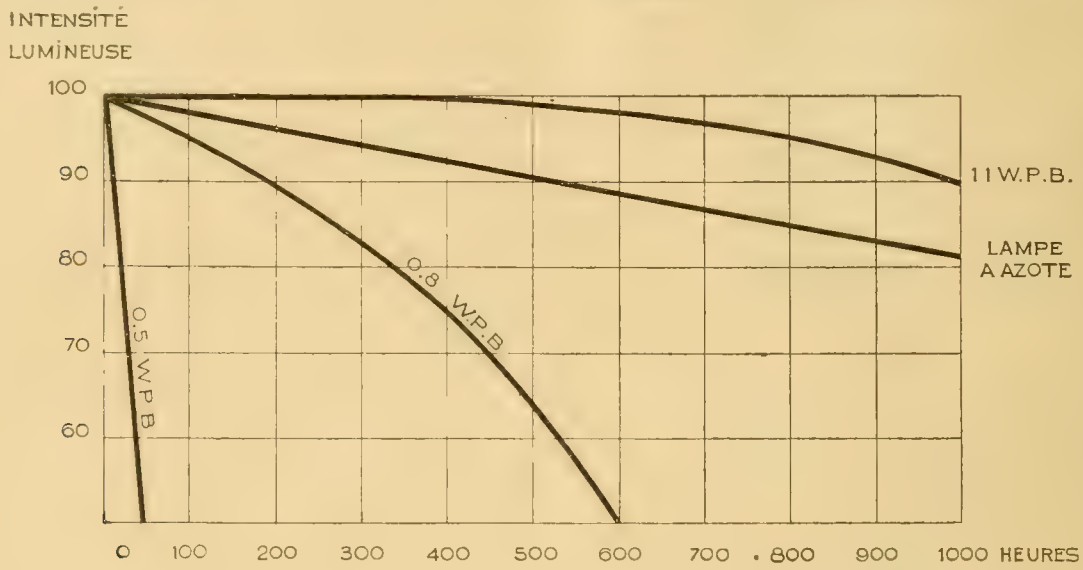


Fig. 2. — *Graphique de l'intensité lumineuse des lampes à filament de tungstène pour différents régimes de rendement.*

diminution très appréciable du rendement lumineux. La présence du gaz à une pression relativement élevée occasionnait des pertes de chaleur par convection : il s'établissait dans l'ampoule des courants d'azote qui échauffaient les parois du verre et refroidissaient le filament ; de telle sorte que, pour maintenir ce dernier à une température déterminée, il fallait dépenser une plus grande quantité d'énergie.

Néanmoins, cet inconvénient s'atténue aux températures élevées que supporte le tungstène. Les pertes par convection sont approximativement proportionnelles à la puissance 3/2 de la température absolue, tandis que les pertes par rayonnement croissent proportionnellement à la puissance 4,7 de cette température. On arrive donc, en augmentant la température, à un rendement meilleur que celui de la lampe dans laquelle a été fait le vide. Toutefois, la température nécessaire pour atteindre ce résultat est si élevée que les filaments ordinaires de tungstène (fils rectilignes ou disposés en lacets) n'y résisteraient pas longtemps: avec un rendement de 0,6 watt par bougie, la durée en serait limitée à 300 heures au maximum. On est parvenu à réduire la dépense à 0,5 watt par bougie, tout en assurant à la lampe une durée de 1.000 heures, en donnant au filament une forme particulière.

La chaleur perdue par convection est à peu près proportionnelle à la longueur du filament : si celui-ci est enroulé en spires parallèles très rapprochées, le rayonnement continue à se faire sur toute sa longueur, mais la perte de chaleur se produit sur une surface beaucoup plus faible. Par exemple, si un filament de 1 m. de longueur est enroulé en une spirale de 0 m. 10 de longueur, l'expérience montre que la perte de chaleur devient 7 fois moindre. Cet artifice n'est pas nouveau ; il est même antérieur aux lampes à filament de bambou. Le fil de platine contenu dans la lampe qu'Edison construisait en 1878 était roulé en spirale, et Hospitalier écrivait à ce propos : « Le but de cette disposition est de concentrer la chaleur du courant en un petit espace pour élever la température à son maximum et, par suite, lui faire émettre une grande quantité de lumière. Un fil de platine traversé par un courant d'une intensité donnée arrive à peine au *rouge* lorsqu'il est développé, tandis qu'il atteint le *blanc* lorsqu'il est roulé en spirale[1]. »

Les premières lampes à spirale de tungstène avaient été établies par la General Electric Co pour de très grandes intensités, 1.500 à 5.000 bougies.

1. E. Hospitalier : *Les principales applications de l'électricité*, p. 180.

On a pu cependant réaliser des foyers de moindre puissance, sans diminuer sensiblement le rendement, et ces perfectionnements sont actuellement appliqués à la lampe *Mazda*, que la Compagnie Thomson-Houston construit en France. Cette lampe (fig. 3) se distingue des précédentes, non seulement par son filament, composé de spirales disposées en guirlandes, mais aussi par la forme de son ampoule, dont le col est d'une longueur inusitée et sert à empêcher le noircissement des parois sphériques. En effet, la lampe contient de

Fig. 3. — *Lampe Mazda de 600 bougies.*
Photographie prise à la même échelle que la figure 1.

l'azote, à la pression de 0,6 atmosphère. Ce gaz n'est pas complètement inerte, en présence du tungstène chauffé à blanc : les vapeurs métalliques dégagées du filament donnent naissance à du nitrure de tungstène, qui tend à se déposer sur le verre, en une couche brunâtre. Ce dépôt aurait diminué progressivement le rendement lumineux, si les fabricants n'y avaient remédié d'une manière aussi simple qu'ingénieuse. Le courant ascendant d'azote échauffé par le filament entraîne les particules volatiles dans le col et, comme ce dernier est très allongé, son sommet est suffisamment froid pour que les vapeurs de nitrure s'y condensent. Le noircissement des parois est ainsi limité à la partie de la lampe qui ne sert pas à la transmission des rayons lumineux.

Malgré ce col, d'ailleurs, l'encombrement de la nouvelle lampe reste de beaucoup inférieur à celui des anciens foyers de même intensité : on en jugera en comparant les figures 1 et 3 qui reproduisent, à la même échelle, une lampe à fil

de bambou de 100 bougies et une lampe Mazda de 600 bougies.

La figure 4 montre les variations de l'intensité lumineuse, de l'intensité du courant et du rendement en fonction de la tension. La température de la spirale dépasse d'environ 300° celle des filaments de lampes à 1 watt par bougie. Elle est, par conséquent, voisine de 2.600°. C'est à cette haute température que la nouvelle lampe doit son rendement élevé (2 bougies par watt) et la couleur de sa lumière, d'un blanc éblouissant. La spirale de tungstène émet environ 10 bougies par un millimètre carré : cet éclat, quoique beaucoup plus faible que celui de l'arc, ne peut être supporté sans fatigue pour la vue ; mais il suffit d'interposer un globe opalin très clair, qui n'absorbe pas plus de 7 % de la lumière émise. Les figures 5 et 6 donnent les courbes de répartition de l'intensité lumineuse d'une lampe de 1.000 bougies employée soit sans réflecteur, soit avec réflecteur et globe en verre dépoli.

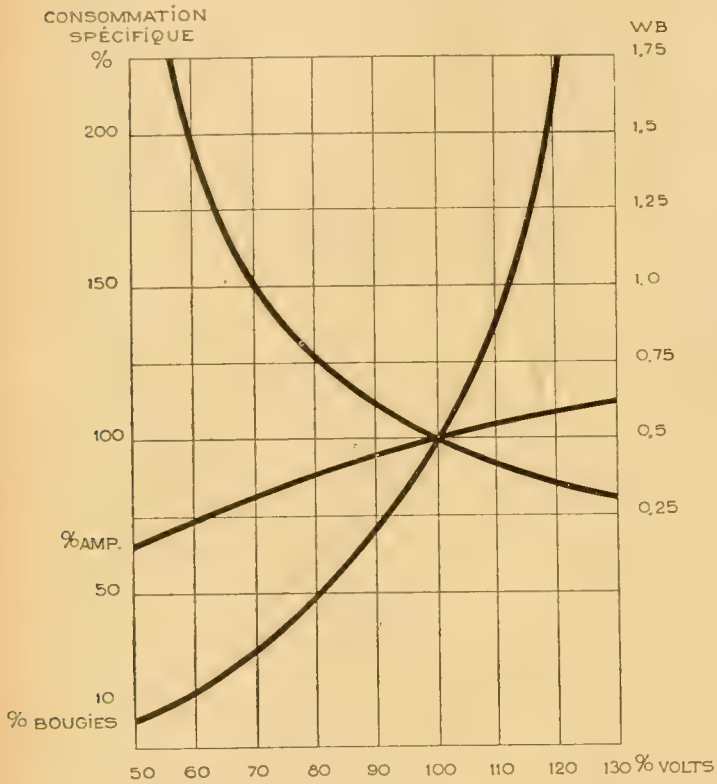


Fig. 4. — *Variations de l'intensité lumineuse, de l'intensité de courant et du rendement en fonction de la tension.*

L'intensité lumineuse ne commence à baisser de 20 % qu'après plus de 800 heures d'éclairage.

La lampe à incandescence ainsi perfectionnée est appelée à faire une redoutable concurrence aux autres luminaires électriques, dont elle atteint ou dépasse le rendement, sans en avoir les inconvénients ni les complications. L'allumage en est infiniment plus commode que celui des tubes à vapeur de mercure ou à gaz raréfiés, et elle n'exige ni régulateurs coûteux ni changement quotidien de charbons, comme la lampe à arc, dont l'éclat subit d'ailleurs d'incessantes vacillations. Les Américains en ont si bien compris les avantages, qu'ils l'appliquent déjà à l'éclairage public, en remplacement des arcs. Cette transformation a permis de vérifier qu'en réalisant une répartition plus uniforme de la lumière le rendement de la nouvelle lampe dépassait de 30 % celui des foyers à arc. En fait, à Chicago, les lampes à azote de 600 bougies remplacent des arcs en vase clos qui consommaient 450 watts, et l'économie réalisée sur les frais de personnel est évaluée à 48 %.

Il convient d'ajouter que ces résultats ne sont obtenus qu'avec des lampes de grande intensité, de 600 à 2.000 bougies. Au-dessous de 600 bougies, la tension de 110 volts, qui est la plus usitée, exigerait un filament

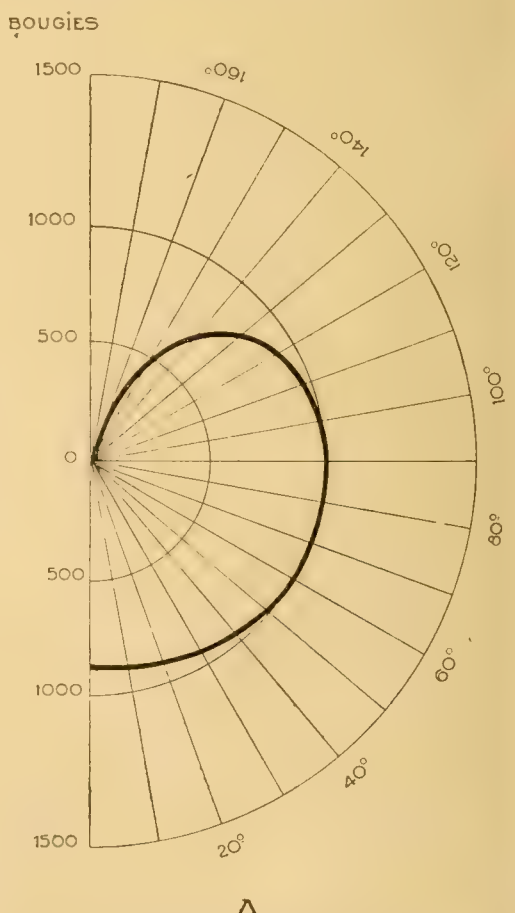


Fig. 5. — *Répartition de l'intensité lumineuse. Lampe sans réflecteur.*

beaucoup trop fin. Cependant, c'est surtout pour les faibles intensités que nous manquons de sources lumineuses économiques. Pour réduire l'intensité lumineuse de la spirale de tungstène, on est obligé de raccourcir le filament, sans en modifier l'épaisseur. On arrive ainsi à construire

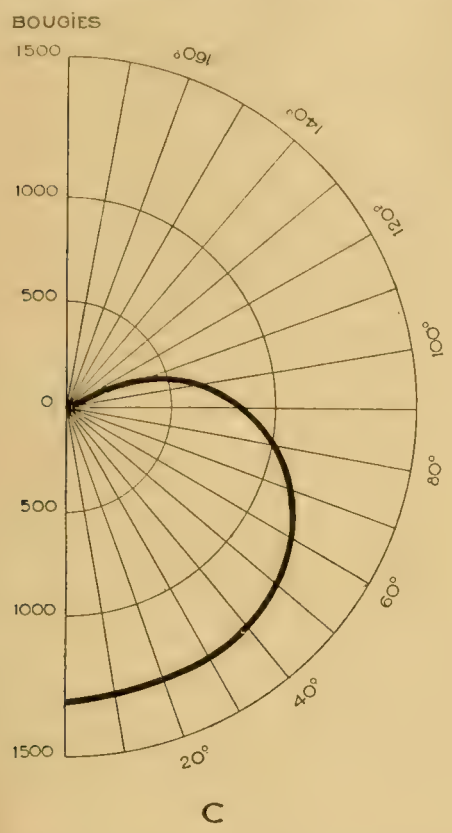


Fig. 6. — *Répartition de l'intensité lumineuse. Lampe avec réflecteur et globe en verre dépoli.*

des lampes de 100 bougies, mais elles ne s'appliquent qu'à des tensions de 8 à 12 volts. On les utilise actuellement dans les phares d'automobiles. Elles peuvent aussi être employées sur les réseaux à courants alternatifs, avec de petits transformateurs spéciaux. Toutefois, outre la perte résultant de la transformation, il faut tenir compte de la perte de chaleur par conductibilité aux entrées de courant, perte qui est naturellement plus sensible avec une longueur de fil réduite. Les lampes de faible intensité ne fournissent donc pas, dans l'état actuel de leur fabrication, 2 bougies par watt. C'est, par conséquent, vers l'amélioration des faibles foyers (10 ou 20 bougies) que devraient être maintenant dirigées les recherches.

Il semble qu'il y ait peu à gagner encore, dans cette voie, bien que nous sachions quel prodigieux gaspillage d'énergie représente la plus perfectionnée de nos lampes, qui émet beaucoup de radiations invisibles pour un peu de lumière. Mais ceci tient à la constitution même de notre appareil visuel. Nous sommes aveugles pour l'infra-rouge et pour l'ultra-violet, et, comme cette cécité est très probablement incurable, il faut bien nous résigner à chercher les moyens de limiter l'émission de nos foyers lumineux à la gamme comprise entre 400 et 800 trillions de vibrations par seconde. Il paraît peu probable qu'on y arrive par les moyens actuellement connus; nous en sommes même bien éloignés[1]. Les rendements les plus élevés sont attendus des phénomènes de luminescence dans les gaz, et pourtant ce n'est peut-être pas là qu'est l'avenir de l'éclairage. En effet, le prix de vente de l'électricité tend constamment à s'abaisser, à mesure que l'emploi de tensions toujours plus élevées permet d'utiliser des sources d'énergie moins onéreuses. Dans ces conditions, la question du rendement devient secondaire et finit par céder le pas aux avantages de commodité : à ce point de vue, il n'est pas niable que la primauté appartient à l'ampoule incandescente, qui n'offre aucune complication d'installation ni d'allumage, et que n'importe qui est à même de remplacer immédiatement, le cas échéant, aussi facilement qu'un verre de lampe à pétrole.

Ernest Coustet.

1. Voir, au sujet de l'équivalent mécanique la lumière, *Revue générale des Sciences*, 15 novembre 1915, p. 598.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Duhem (P.), *Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Bordeaux.* — **Le Système du Monde.** Histoire des doctrines cosmologiques de Platon a Copernic. Tome II. — *1 vol. in-8, de 522 pages avec 5 fig. (Prix : 18 fr. 50). Hermann et fils, éditeurs, Paris,* 1914.

Avec le tome II s'achève l'exposé de la Cosmologie hellénique formant la première partie de l'Œuvre de M. Duhem : Les Dimensions du Monde (Chap. IX); Les Physiciens et les Astronomes. I : Les Hellènes (Chap. X); II : Les Sémites (Chap. XI); La Précession des Equinoxes (Chap. XII); La Théorie des marées et l'Astrologie (Chap. XIII). L'Astronomie latine au moyen âge, ou la deuxième partie du Système du Monde, termine le Volume par la Cosmologie des Pères de l'Eglise (Chap. Ier).

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne des premiers efforts de la pensée philosophique pour pénétrer les secrets de la Nature, la controverse s'accroît en même temps que les résultats se multiplient. Le zèle des commentateurs, des compilateurs ne les défend point contre la déformation des idées fondamentales de chaque Ecole. Si on ajoute à ces défaillances humaines, bien naturelles, l'absence souvent complète des documents originaux, on pressentira aisément quel labeur gigantesque représente chaque étape de l'œuvre du professeur de Bordeaux. Chacune d'elle, en effet, étale à nos yeux une telle richesse de faits, d'hypothèses ingénieuses que l'esprit ébloui se meut d'abord confusément parmi tant d'arguments opposés, contradictoires. Il faut relire et réfléchir pour accorder cette vision en quelque sorte cinématographique du passé avec notre mentalité; puis les idées se classent, s'éclairent mutuellement, et l'on admire sans réserve le don évocateur si souple et si prodigieux de l'auteur, sa méthode critique si incisive, faisant jaillir d'un mot l'idée fondamentale ou choisissant avec à propos le trait caractéristique de chaque explication ou interprétation nouvelle. Malheureusement, cette exubérance de matières est inconciliable avec une analyse forcément restreinte, malgré la bienveillante hospitalité de la *Revue*. Et c'est avec regret qu'il faut renoncer à faire ressortir, par les citations si vivantes du texte, aussi bien le complet développement des idées conductrices des précurseurs de la science que le talent de M. Duhem à les exposer.

Les dimensions du Monde comprennent la mesure de la Terre d'abord, puis sa distance aux astres et la grandeur de ceux-ci.

« La mesure de la grandeur de la Terre dut se poser en problème essentiel dès là que la Terre eut été reconnue sphérique; de bonne heure, les astronomes grecs surent donner, de ce problème, une solution qui ne s'écartât pas trop grossièrement de la vérité. »

En déterminant la différence de latitude de Syène et Alexandrie, supposées sous le même méridien, et, mesurant la distance linéaire qui sépare ces deux villes, Eratosthènes est arrivé à 39.375 kilomètres au lieu de 40.000 pour la longueur du Méridien terrestre. Cette concordance est fort remarquable. Aristote est moins favorisé en rapportant une mesure beaucoup trop forte, 74.000 kilomètres, tandis que Posidonius rapetisse la Terre. Ce sont cependant les nombres de Posidonius que Ptolémée adoptera.

La distance de la Terre aux Astres constitue un problème plus difficile et dépassant les moyens de l'époque; il est donc résolu d'après les idées pythagoriciennes sur les vertus des nombres, ce qui conduit les philosophes à la théorie de l'*Harmonie des sphères astrales*, où les intervalles de la gamme jouent un rôle fondamental. T. H. Martin qualifiera justement cette méthode « une étrange aberration de l'esprit humain ». On lira néanmoins avec curiosité les développements de M. Duhem sur la persistance de l'esprit pythagoricien, que nous retrouvons, de nos jours, dans la loi de Bode et dans la Classification chimique de Mendelejeff. Si, à certains égards, les idées pythogoriciennes sont « capables de provoquer la divination, elles ne le sont pas d'engendrer la certitude; celle-ci ne peut être obtenue que par des méthodes d'une autre nature ». L'Antiquité nous a transmis, sous l'autorité d'Aristarque de Samos, ce qui a été fait de meilleur dans la voie logique de l'expérience. Associant l'observation du Soleil et de la Lune dans leurs diverses phases et pendant les éclipses, Aristarque crée une méthode ingénieusement analysée par M. Duhem. Malheureusement, cette méthode, « parfaitement correcte au point de vue de la géométrie, n'était susceptible d'aucune exactitude », et il est superflu d'en rapporter explicitement les conséquences. Elle fut d'ailleurs incomprise de son temps, sauf par Archimède et Hipparque. Ce dernier et, plus tard, Ptolémée transformeront profondément la méthode d'Aristarque. Il n'y a pas lieu néanmoins de trop insister sur leurs résultats, assez divergents d'ailleurs selon les auteurs qui nous les ont conservés; retenons seulement la valeur du diamètre moyen de la Lune, 0°31′20″, très voisine des évaluations modernes et attribuée à Ptolémée. Celui-ci est moins heureux avec le Soleil, qu'il diminue et rapproche trop de la Terre.

Après les Grecs, les astronomes ou commentateurs arabes ont poursuivi l'étude de la grandeur des Orbes célestes et la distance de la Terre aux Astres. Les résultats numériques obtenus sont évidemment grossièrement éloignés de la réalité. Mais l'ensemble forme déjà un tout harmonieux, mis en relief d'une façon saisissante par M. Duhem, aux pages 54, 58. Citons simplement : « La méthode par laquelle les astronomes arabes et grecs avaient déterminé les dimensions du système des astres nous paraît aujourd'hui singulièrement naïve; volontiers nous accueillerions d'un sourire dédaigneux cet ensemble de suppositions puériles; et cependant Maïmonide, dont le sens critique est particulièrement aiguisé, dont l'esprit est prudent, parfois jusqu'au scepticisme, n'hésite pas à nommer cette méthode : « une démonstration vraie, dans laquelle il n'y a rien de douteux ». Effectivement, continue Maïmonide, « en admettant tout ce qu'a enseigné Ptolémée... les calculs faits d'après ces hypothèses ne se trouvent pas en défaut d'une seule minute ». « Qui donc oserait révoquer en doute cette astronomie, alors qu'elle permet de construire des Ephémérides où les moindres phénomènes célestes sont prédits, à la minute près, de longues années d'avance? Et, à tout prendre, avons nous aujourd'hui des raisons d'un autre ordre pour nous fixer à la Mécanique céleste de Newton? »

Nous arrivons maintenant à la longue querelle entre physiciens et astronomes annoncée par M. Duhem au Tome I[1].

L'astronomie a pour but d'expliquer, de sauver les apparences à l'aide d'hypothèses qui doivent satisfaire aux principes de la Physique. Dès qu'une hypothèse astronomique sauve les apparences en dehors du domaine de la Physique, il y a schisme et discussion. Or « le système d'Hipparque et Ptolémée contredisait expressément aux principes essentiels de la Physique péripatéticienne. Selon cette Physique, la nature même de la cinquième essence, de l'essence céleste, exempte de génération et de corruption, exigeait que tout corps formé de cette

1. p. 426, et *Revue*, 1915, p. 144.

essence se mût d'un mouvement circulaire et uniforme. D'ailleurs toute rotation circulaire et uniforme devait forcément, en son centre, trouver un corps immobile et grave. Une telle Physique imposait donc, de toute nécessité, à la théorie astronomique, une forme bien définie; il fallait que tous les mouvements célestes se puissent décomposer en rotations uniformes de sphères et que ces sphères fussent homocentriques à la Terre immobile. Sans doute le détail d'un tel système n'était pas réglé par les doctrines du physicien ; il appartenait à l'astronome de le préciser, de déterminer le nombre des diverses sphères et le mouvement de chacune d'elles, de telle manière que les phénomènes célestes fussent représentés aussi exactement que possible. Mais que des corps célestes ne tournassent pas d'une manière uniforme autour du centre de leur orbe, que ce centre fût distinct du centre du Monde, qu'aucun corps fixé ne s'y trouvât, qu'il y eût des excentriques et des épicycles dans le ciel, c'est ce qu'on ne pouvait souffrir sans renoncer à la théorie péripatéticienne des mouvements naturels, sans ruiner par la base toute la Physique du Lycée. »

Voilà le thème de la controverse engagée d'abord entre les philosophes grecs à la suite de Ptolémée et poursuivie par les astronomes arabes pendant le moyen-âge. Nous lui devons de très longs commentaires sur les idées fondamentales de Platon, d'Aristote, qui tantôt précisent celles-ci, tantôt les altèrent ou les dénaturent. Relevons seulement quelques définitions typiques. D'après Posidonius, « il appartient à la théorie physique d'examiner ce qui concerne l'essence du ciel et des astres, leur puissance, leur qualité, leur génération et leur destruction... L'Astronomie, au contraire, n'a aucune aptitude à parler de ces premières choses... elle discourt des figures, des grandeurs et des distances de la Terre, du Soleil et de la Lune; elle parle des éclipses, des conjonctions des astres, des propriétés qualitatives et quantitatives de leurs mouvements...Souvent le physicien s'attachera à la cause et portera son attention sur la puissance qui produit l'effet qu'il étudie, tandis que l'astronome tirera ses preuves des circonstances extérieures qui accompagnent le même effet; il n'est point né capable de contempler la cause, de dire, par exemple, quelle cause produit la forme sphérique de la Terre et des Astres... ». Pour Proclus, « l'Astronomie ne saisit point l'essence des choses célestes; elle n'en donne qu'une image; cette image même n'est point exacte, mais seulement approchée; elle se contente d'*à peu près*. Les artifices géométriques qui nous servent d'hypothèses pour sauver les mouvements apparents des astres ne sont ni vrais ni vraisemblables; ce sont de pures fictions qu'on ne saurait réaliser sans formuler des absurdités... D'ailleurs, ces caractères de l'Astronomie ne doivent pas étonner; ils marquent simplement que la connaissance de l'homme est bornée et relative, que la science humaine ne saurait rivaliser avec la science divine. »

Jean Philopon et Simplicius « croient à l'existence d'une Physique capable de formuler, au sujet des mouvements célestes, des principes entièrement sûrs. Mais en même temps qu'ils sont très certains et très généraux, ces principes sont trop peu détaillés pour fournir l'explication précise des apparences que nous observons. Pour sauver ces apparences, l'astronome se trouve réduit à user de combinaisons hypothétiques. Dans le choix de ces combinaisons, il jouit d'une grande liberté; deux obligations, en effet, lui sont seules imposées; d'une part, il ne doit pas considérer de mouvements qui contredisent aux principes généraux de la Physique; d'autre part, il doit, par les artifices les plus simples que la Mathématique lui fournisse, reproduire aussi exactement que possible le cours observable des Astres. Mais de cette liberté, il paye la rançon : il lui est interdit de regarder ses hypothèses comme des images de la réalité. »

Les Arabes n'apportent guère d'arguments neufs dans ce débat, car ils semblent avoir plus généralement plagié les auteurs grecs connus ou anonymes, puisque M. Duhem termine ainsi le chapitre XI : « Des Arabes pillards purent faire main basse sur leurs écrits sans courir le risque d'être démasqués et traités d'imposteurs. La science islamique est ainsi faite, en grande partie, du butin razzié sur la science hellène de la décadence. »

La Physique d'Aristote ainsi rendue solidaire de l'Astronomie, toute révolution capitale dans celle-ci devait bouleverser celle-là. C'est pourquoi Copernic, Kepler, Newton, démolissent pierre par pierre l'œuvre du philosophe grec en même temps qu'ils créent « une science de la gravitation universelle ». De tout l'édifice ancien, il ne nous reste que des modèles de discussion académique qui, jusqu'à ce jour, n'ont point encore été détrônés !

La précession des équinoxes, dont la découverte est habituellement attribuée à Hipparque, souleva moins de polémiques que la théorie des épicycles et des excentriques, car « elle paraît à la plupart des Anciens une supposition fort insolite; elle fut rarement adoptée, plus rarement combattue ; presque tous les auteurs qui eurent occasion de traiter de l'Astronomie la passèrent d'abord sous silence. Entre l'époque d'Hipparque et celle de Ptolémée, on ne trouve presque aucun écrivain qui y ait fait allusion ».

D'ailleurs le déplacement lent, régulier et continu, du point équinoxial désigné sous le nom de précession, ayant été compliqué d'un mouvement oscillatoire produisant une avance et un recul successifs, phénomène plus connu sous le nom d'accès et de recès, les idées des Anciens s'obscurcissent avec les explications correspondantes. Il faut un neuvième ciel pour satisfaire au mouvement de précession ; ensuite on associe sa durée, 36.000 ans, à une grande année de la vie du monde, en même temps qu'on lui confie le soin de régir l'alternance des continents et des mers à la surface de la Terre ! !

Après Ptolémée, ce sont surtout les Arabes qui ont argumenté sur la précession. L'exposé de M. Duhem, sur la science islamique, nous conduit jusqu'aux Tables alphonsines. Il n'apparaît pas que les disciples de Mahomet aient jeté une plus vive lumière sur cette question que sur les autres parties de l'Astronomie qu'ils nous ont léguées à la suite des Grecs, et l'on comprend mieux, à la fin du chapitre, cette réflexion de la page 242 : « Ici donc, comme en mainte autre circonstance, la science arabe se montre dénuée d'originalité ; la pensée hellène lui fournit le principe de la théorie dont elle développe les conséquences. »

Ce n'est pas cependant son importance vraie qui va fixer l'attention sur la précession. Effectivement « la petitesse de ce phénomène eût, sans doute, laissé indifférents la plupart de ceux qui ne s'appliquent pas spécialement à l'étude des astres, si, à ce mouvement très réel, les astrologues n'avaient rattaché un mouvement tout imaginaire, l'alternance des Continents et des Océans ». Et M. Duhem ajoute :

« Si les Indiens et, après eux, les Arabes ont pu, au mouvement de la sphère des étoiles fixes, attribuer le pouvoir de mettre peu à peu la mer à la place de la terre ferme et inversement, c'est, semble-t-il, parce que le mouvement de la Lune provoquait sous leurs yeux, chaque jour, un déplacement moins ample, mais de même nature : le flux et le reflux de la mer... A qui doutait de la soumission absolue de tous les changements sublunaires aux mouvements des sphères célestes, la mer n'opposait-elle pas un témoignage singulièrement convaincant, lorsqu'elle réglait ses mouvements sur les positions occupées par la Lune et par le Soleil? »

Le chapitre des Marées et Astrologie, d'apparence moins abstraite que quelques-uns des précédents, est des plus attrayants à lire. Il est presque d'actualité, puisque le goût du mystérieux est de tous les temps. Aux esprits simples comme aux esprits forts, il dévoilera de singuliers horizons en même temps que l'origine

de la presque totalité des préjugés inhérents à l'humanité. C'est peut-être la plus vivante et la plus belle leçon de choses du passé!

Les Grecs ignorent d'abord le phénomène des marées, insensible dans l'ensemble de la Méditerranée. Ils s'instruiront, par les observations d'Euthymène et Pythéas de Marseille, des mouvements de l'Atlantique, et de ceux de l'océan Indien par l'expédition d'Alexandre. Dès lors, ils décriront à peu près exactement le phénomène avec toutes ses singularités, Abou Mazar résumera ultérieurement toute la théorie sans rien y ajouter d'essentiel, et nous n'en saurons guère davantage jusqu'au XVIe siècle. D'ailleurs, les uns et les autres, Grecs et Arabes, comme leurs précurseurs, les Chaldéens, les Indiens, ne voient dans les marées, dans l'action de la Lune, qu'une preuve irréfutable de la domination des Astres sur les éléments, sur tout ce qui s'agite, vit et meurt dans le monde sublunaire. L'Astrologie est la science suprême, la science finale. Les doctrines du fatalisme absolu, du libre arbitre, s'élaborent, se combattent avec tous les arguments que la Nature peut livrer aux contradicteurs. « Le conflit entre la science qui postule le fatalisme et la conscience qui affirme la liberté est vieux comme le monde, et durera sans doute autant que lui...; au temps de Ptolémée il était aussi aigu qu'aujourd'hui. »

L'Alchimie est la compagne inséparable de l'Astrologie : « L'âme humaine n'échappe au pouvoir fatal des astres qu'en se séparant de tout corps; dès lors qu'elle est incorporée, elle tombe sous l'empire des étoiles fixes et des planètes; à plus forte raison, les substances corporelles du monde sublunaire sont-elles rigoureusement soumises, dans toutes leurs transformations, au gouvernement des Orbes célestes. En particulier, les circulations des astres fixes ou errants dirigent, nul ne le nie, les réactions chimiques qui produisent ou détruisent les corps minéraux... »

La Médecine ne pouvait guère échapper à l'emprise de ces doctrines : « Si l'âme d'origine divine peut, par la mort ou l'extase, quitter le domaine où règne l'inexorable destin, le corps humain, même uni à l'âme inférieure, reste soumis à l'inflexible destin. Son sort est écrit d'avance par les astres, que ces êtres soient causes de ce sort ou qu'ils en soient seulement signes. » La Lune et les astres errants sont donc mis à contribution aussi bien pour expliquer que pour guérir, et Ptolémée félicitera « les Egyptiens d'avoir compris cette vérité et d'avoir toujours joint les préceptes de la Médecine aux prévisions de l'Astrologie ». Mais c'est surtout Galien, créateur de la théorie des jours critiques, qui associe plus étroitement la Médecine à l'Astrologie. D'après Galien, « la Nature est une chose ordonnée; dès là que la matière est dominée, les mouvements de la Nature s'accomplissent suivant des rapports bien définis et des cycles réguliers ».

La théorie des jours critiques fut encore amplifiée par les Arabes, car les phases de la Lune se prêtent admirablement à ce genre d'interprétation, et on conçoit sans peine qu'Abou Mazar puisse dire : « Ainsi dans les choses de ce monde, le gouvernement de la Lune joue des rôles multiples; non seulement il n'est pas possible de les tous examiner, mais on tenterait en vain de les énumérer. »

Ajoutons l'action lente du phénomène de précession qui doit mesurer la grande année, et nous aboutissons, pour l'ensemble de la science astrologique, à une « superstition monstrueuse » telle qu'il faudra toute l'influence du christianisme pour la jeter bas!

La Cosmologie des Pères de l'Eglise forme le début de la deuxième partie de l'œuvre de M. Duhem : *L'Astronomie latine au moyen âge*. Elle va nous initier à la contre-partie de la Philosophie païenne et nous montrer comment les premiers docteurs de l'Eglise ont entendu concilier les vérités acquises en Astronomie avec les croyances imposées par la Genèse et les préceptes du Christ. Ce chapitre est d'une lecture aussi aisée et attachante que le précédent. Mais il est également si copieusement bourré d'arguments et d'idées qu'un résumé n'en saurait guère fournir une fidèle image. Il apparaît cependant que les Pères de l'Eglise, saint Basile, saint Grégoire, saint Ambroise, n'étaient point aussi doctes que leurs contradicteurs. « Les Pères de l'Eglise ne semblent nullement se piquer d'une connaissance minutieuse et approfondie des théories relatives aux éléments ou aux corps célestes; la science qu'ils supposent chez leurs auditeurs ou leurs lecteurs, celle dont ils paraissent eux-mêmes se contenter, se compose d'un petit nombre de propositions simples et générales... »

Seul saint Augustin émerge au-dessus de ses pairs et les laisse, loin, dans l'ombre.

Tous se sont attachés à réfuter la Physique d'Aristote. Les plus savants, avec saint Augustin, penchent vers Platon qu'ils admettraient volontiers parmi leurs précurseurs. L'Astrologie est leur « bête noire » puisqu'elle nie plus ou moins le libre arbitre ; contre elle ils fulminent à l'envi, bien que quelques évêques eux-mêmes se laissent séduire par l'art de tirer des horoscopes.

La foi est à la base de leurs démonstrations; on pourrait parfois remarquer qu'ils se retranchent trop volontiers derrière elle quand ils manquent d'arguments décisifs. Par exemple : « Mais le Dieu tout-puissant, pour produire ce qu'il voulait produire, n'avait besoin du secours d'aucune chose qu'il n'eût point faite. Si, pour accomplir les choses qu'il voulait faire, il se fût aidé d'une chose qu'il n'avait point faite, c'est qu'il n'eût pas été tout puissant; ce serait *un sacrilège de le croire* ». « Mais de quelque manière que les eaux demeurent au dessus du Ciel, et quelles que soient ces eaux, nous ne devons aucunement douter qu'elles s'y trouvent; en effet, *l'autorité de l'Ecriture* surpasse la capacité de tout esprit humain. »

Les lois de la Physique n'embarrassent pas beaucoup les Pères de l'Eglise. A propos de la séparation des eaux du firmament dont il vient d'être question, saint Ambroise, évêque de Milan, les place aussi bien au-dessus des Cieux qu'au-dessous, et aux eaux supracélestes il assigne un but éminemment de circonstance : « Elles rafraîchissent l'axe du Monde qu'échauffe la perpétuelle rotation du Ciel ». Le même saint pensait également « que les eaux supérieures sont destinées, par leur fraîcheur et leur humidité, à empêcher le feu des luminaires célestes de consumer le firmament. »

L'action de la Lune, la Grande Année, le Temps, etc., sont discutés comme il convenait aux disciples d'une doctrine qui seule possédait la Vérité et devait triompher de ses adversaires. Clôturons avec ces maximes bien faites pour calmer le zèle des néophytes et ramener chacun à une sage modestie : « Aucun homme ne pourra jamais rendre raison du nombre des astres, des positions qu'ils occupent, des grandeurs de leurs vitesses, des différences de leurs couleurs. Seulement, nous croyons tous que Dieu a bien fait toutes choses, et comme il fallait; que rien ne manque et qu'il n'y a rien de superflu. Il est peu de choses, en effet, dont nous connaissions pleinement les causes. S'ils ne sont pas capables de dire la cause physique des choses qui apparaissent aux sens, nous ne le sommes pas, nous non plus, de dire, comme ils nous le demandent, la cause des choses qui ne sont pas apparentes. »

N'est-il pas superflu d'ajouter, maintenant, que ce deuxième volume a été édité avec le même soin que le premier par la maison Hermann et fils? Au lecteur impatient, annonçons également la prochaine distribution du troisième volume.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

2° Sciences naturelles

Watson (J. B.), *Professeur de Psychologie à l'Université Johns Hopkins*, et **Lashley** (K. S.).— **Homing and related activities of Birds** (Le retour au nid et les activités connexes des oiseaux). — *1 vol. in-8° de 104 p. avec 9 fig. et 7 pl. (Prix : 1 dol. 50 c.). Carnegie Institution, Washington*, 1915.

Les recherches consignées dans ce mémoire ont été entreprises dans le but de donner une explication de l'instinct de retour au nid chez certains oiseaux. En 1907, l'un des auteurs, travaillant au Laboratoire de Biologie marine de l'Institution Carnegie, aux Iles Tortugas, remarqua que les hirondelles de mer des espèces *Anous stolidus* et *Sterna fuliginosa* possèdent un sens de retour au nid, car elles se comportent exactement comme les pigeons voyageurs éloignés de leur nid et de leurs jeunes. Ces oiseaux parurent de si bons sujets d'expérience qu'il fut bientôt décidé d'entreprendre sur eux des recherches relatives au sens du retour au nid.

La situation topographique de l'île de Bird Key (une des Tortugas) rend ce lieu particulièrement propice à des recherches de ce genre. D'abord, c'est la limite septentrionale de migration de ces oiseaux tropicaux; il est donc possible de rechercher si ces oiseaux retournent au nid dans une région que, selon toute probabilité, ils n'ont jamais visitée; pour cela, on envoie les oiseaux en un point quelconque au nord de Bird Key. D'autre part, Bird Key étant le dernier morceau de terre entre la côte de la Floride et celle du Texas, les oiseaux peuvent être expédiés à des centaines de milles sur la mer libre; on a ainsi l'opportunité d'étudier le retour au nid là où aucun point de repère visuel ne peut apparamment exister. Ces deux conditions n'avaient jamais été réalisées auparavant, et elles sont indispensables même pour une étude scientifique préliminaire du retour au nid.

Les auteurs ont commencé par procéder à l'observation de quelques habitudes instinctives des hirondelles de mer : alimentation, nidification, couvage, etc.., dont la connaissance leur a permis d'aborder avec le plus de chances de succès l'étude de l'aptitude du retour au nid. Des expériences préliminaires, effectuées en 1910, montrèrent la nécessité de faire accompagner les oiseaux par un conducteur bien entraîné. Confiés cette année-là à un garçon de laboratoire qui n'avait pas l'habitude de les nourrir et de les soigner, la moitié moururent en route et les autres furent lâchés aux points les plus éloignés en très mauvais état et ne revinrent pas. Les expériences furent reprises en 1913 avec le concours de M Lashley comme convoyeur, et cette fois elles réussirent brillamment, puisque un certain nombre d'hirondelles de mer revinrent au nid après avoir été transportées à des distances atteignant 1600 kilomètres.

Les conclusions générales des travaux des auteurs peuvent se résumer comme suit :

1° Le problème de l'orientation rapprochée est relativement simple. Sur l'île de Bird Key, les hirondelles de mer retrouvent leur nid, leur femelle, leurs jeunes, etc.., en grande partie d'après des impressions visuelles; des impressions kinesthésiques peuvent jouer un rôle, mais beaucoup moindre. Il n'y a pas de preuve chez elles d'une sensibilité particulière, ni du fonctionnement d'un organe des sens hypothétique.

2° Il existe une séparation entre l'orientation rapprochée et l'orientation à distance. On n'avait pu en obtenir de preuve suffisante chez le pigeon voyageur, parce que celui-ci est toujours accoutumé à une grande partie de sa route et qu'il s'est formé chez lui de nombreuses habitudes visuelles; toute orientation peut donc être considérée comme rapprochée. Les expériences de Bird Key, par contre, excluent toute possibilité de confusion de ce genre.

3° Des considérations mathématiques montrent d'ailleurs qu'aux distances de 1300 à 1600 kilomètres où s'est effectué le retour, le but ne peut stimuler directement et visuellement l'oiseau, même en l'absence de brume et en le supposant doué d'une acuité visuelle absolue. La hauteur verticale à laquelle l'oiseau devrait s'élever pour surmonter la sphéricité de la Terre est inadmissible.

4° La spéculation hasardée de Duchâtel, tentée pour lever la difficulté précédente, n'est pas fondée en fait. Cet auteur suppose que la rétine de l'oiseau est sensible aux rayons infra-lumineux, en particulier infrarouges, qui suivraient la courbure de la Terre. Des recherches des auteurs sur les limites de la sensibilité spectrale chez les oiseaux montrent clairement que ni le poulet, ni le pigeon ne sont sensibles aux rayons infra-lumineux. Bien plus, la rétine du poulet est moins efficace que celle de l'homme dans la réponse à une lumière monochromatique de faible intensité; la seule exception à cette règle s'observe dans le rouge extrême. Si l'on ajoute à ces faits les résultats des travaux de Johnson, qui montrent que l'acuité visuelle du poulet est bien moindre que celle de l'homme, on voit qu'il faut accepter avec réserve l'idée courante de la perfection de l'organe de la vision chez les oiseaux.

5° Enfin, les observations de MM. Watson et Lashley ont montré que, chez les hirondelles de mer tout au moins, il n'existe pas de *spürsinn* (de Cyon), mécanisme tactile ou olfactif spécial situé dans la cavité nasale et qui fonctionnerait dans le retour au nid.

Comme on le voit, les conclusions du travail sont d'un caractère négatif. Elles montrent la grande difficulté d'expliquer le retour au nid par l'une quelconque des théories courantes. Cependant, les auteurs ne sont pas favorables à l'existence d'un sens nouveau et mystérieux. Pour eux, le problème de l'explication de l'orientation à distance est un problème expérimental : il sera résolu dès qu'on aura trouvé les méthodes convenables pour l'étudier. C'est de ce côté qu'ils orientent actuellement leurs efforts. A. J.

Nuttall (George H. F.), *Professor of Biology, University of Cambridge*; **Warburton** (Cecil), *Zoologist to the Royal Agricultural Society*; **Cooper** (W. F.) et **Robinson** (L. E.), *of the Cooper Laboratory for Economic Research, Watford*. — **Ticks. A Monograph of the Ixodoidea. Part. III. The genus Hæmaphysalis**, par Nuttall et Warburton. *1 vol. de XIII + 550 pages, avec 1 portrait de Neumann, 8 planches et 142 figures dans le texte (Prix : 15 francs)*. **Bibliography of the Ixodoidea** *II*, par Nuttall et Robinson. *1 vol. de 32 pages (Prix : 5 fr. 60). Cambridge, University Press*, 1915.

Les présents fascicules sont la suite de l'admirable monographie des Tiques[1], dont la 1re partie (*Argasidæ*) a paru en 1908, la 2e (*Ixodidæ*) en 1911; la 1re partie de la bibliographie a paru en 1911; la présente seconde partie contient les références aux travaux nombreux sur les Tiques et leurs relations avec les maladies parus depuis 1911, ainsi qu'un certain nombre d'omissions portant sur les années antérieures à cette date. Les *Hæmaphysalis* comptent 42 espèces certaines, dont 3 seulement se trouvent en Europe; c'est l'Asie qui est la plus riche en espèces (32), tandis que c'est l'Amérique qui possède le plus grand nombre d'*Ixodes*. Les *Hæmaphysalis* sont parasites de Mammifères, d'Oiseaux et de Reptiles, et leur biologie est semblable à celle des *Ixodes*. Comme dans les volumes précédemment parus, la description faunique est très détaillée et précise, accompagnée de nombreuses figures originales et de tous les renseignements possibles sur la distribution géographique, les hôtes, les collections où sont déposés les types, etc. L'ouvrage complet constituera assurement une des plus parfaites monographies de détermination et de renseignements qui existent.

L. Cuénot,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

1. Voir la *Rev. gén. des Sc.*, des 15 juillet 1909, t. XX, p. 603, et 15 février 1912, t. XXIII, p. 122.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 *Janvier* 1916

1° Sciences physiques. — M. **A. Angot** : *Valeur des éléments magnétiques à l'Observatoire du Val Joyeux au 1er janvier 1916* :

	Valeurs absolues	Variation séculaire
Déclinaison.....	13°35',65	— 9',67
Inclinaison.....	64°39',4	+ 2',0
Compos. horizontale..	0,19715	+ 0,00001
Compos. verticale....	0,41627	+ 0,00066
Compos. nord.....	0,19163	+ 0,00014
Compos. ouest.....	0,0634	— 0,00054
Force totale.....	0,46060	+ 0,00060

La diminution de la déclinaison continue à être extrêmement rapide; l'inclinaison, après avoir diminué constamment jusqu'à l'époque actuelle, semble avoir passé par un minimum au début de 1915 et être entrée dans une phase ascendante. La composante horizontale est à peu près stationnaire. — M. **G.-A. Le Roy** : *La conservation frigorifique des dissolutions d'aluminate de soude.* Un inconvénient de l'emploi des dissolutions d'aluminate de soude à l'imperméabilisation des vêtements et effets militaires (voir t. XXVI, p. 721), c'est leur grande instabilité. L'auteur a reconnu que les dissolutions aqueuses concentrées de ce produit, qui sont incongelables même vers — 20°, peuvent, étant placées en récipients clos et réfrigérés à — 1° ou — 2° C., rester indéfiniment inaltérées. — M. **Pontio** : *Sur l'analyse des textiles.* L'auteur a modifié le procédé Vétillard pour le rendre plus rapide et plus précis. Il traite d'abord préalablement les filasses par les alcalis et les décolorants avant l'action des réactifs; ensuite, il remplace le réactif de Vétillard par un réactif iodo-sulfurique, plus riche en iode et moins en acide. Tous les textiles ayant subi le traitement préliminaire donnent un produit blanc d'aspect, mais qui prend, sous l'action du réactif iodo-sulfurique, une teinte variant du bleu au jaune, en passant par toutes les teintes intermédiaires que donne une cellulose plus ou moins riche en lignine, à parois plus ou moins épaisses. Par ce procédé, il est possible de se dispenser de l'examen des fibres vues dans leur section transversale.

2° Sciences naturelles. — MM. **E. Gley** et **A. Quinquaud** : *Des rapports entre la sécrétion surrénale et la fonction vaso-motrice du nerf splanchnique.* D'après les recherches des auteurs, et contrairement à ce qui est en passe d'être généralement admis depuis quelques années, l'excitation du splanchnique vaso-moteur, du moins dans les conditions de leurs expériences, ne paraît mettre en jeu qu'une action neuro-musculaire et ne produit pas son effet par l'intermédiaire d'une action humorale (sécrétion d'adrénaline). — MM. **Santamaria** et **Salonne** : *Appareil pour réduction et contention des fractures simples ou compliquées des huit segments des membres.* Cet appareil réalise successivement : 1° un appareil de soutien; dès son application, les fragments sont absolument immobilisés et le blessé devient aisément transportable; 2° un appareil de réduction; elle se fait au moment qui paraît le plus propice, plusieurs jours même après l'application, sans enlever l'appareil qui reste définitif dès qu'il est posé; 3° un appareil de contention; aussitôt après la réduction, l'appareil devient, par un simple serrage des vis, un instrument d'immobilisation absolue; il assurera la contention jusqu'à la consolidation de la fracture; 4° enfin un appareil propre à favoriser la mobilisation précoce des articulations voisines en cas de luxation. — M. **Cazin** et Mlle **S. Krongold** : *Sur l'emploi méthodique des antiseptiques, basé sur l'examen bactériologique du pus, dans le traitement des plaies infectées.* Les auteurs montrent que l'emploi des antiseptiques doit être réglé d'après la flore microbienne des plaies, examinée de jour en jour. C'est ainsi que le sérum polyvalent de Leclainche et Vallée donne les meilleurs résultats dans les suppurations à streptocoques, le nitrate d'argent à 1/200.000e dans les plaies infectées par le bacille pyocyanique ou des staphylocoques, l'hypochlorite de soude dans les suppurations des plaies gangréneuses avec *Bacillus perfringens* ou vibrion septique. — M. **Robert Lévy** : *Sur les toxines des Araignées et particulièrement des Tégénaires.* L'auteur a retrouvé, dans les œufs de plusieurs Araignées, l'arachnolysine, toxine hémolytique qu'il avait signalée dans les œufs des Epeirides. Chez la *Tegenaria atrica*, il a constaté également dans les œufs l'existence d'une toxine hémolytique, mais qui présente de sensibles différences avec l'arachnolysine; par contre, les œufs de *Tegenaria parietina* sont dépourvus de toute action hémolytique et de toute action toxique. — MM. **O. Lignier** et **A. Tison** : *Les* Ephedra *possèdent un ovaire clos et un ovule inclus.* Les auteurs montrent que, malgré sa grande réduction, la fleur des *Ephedra* est du type angiospermique; elle comprend un ovaire terminal tétracarpellé uniloculaire à placentation basilaire et prolongée en style; sur le fond de cet ovaire se trouve un ovule unique qui est dressé et, en apparence, réduit au nucelle. Comme ce nucelle, encore pourvu d'une chambre pollinique bien caractérisée, fournit une goutte collectrice, celle-ci, à défaut du canal micropylaire disparu, s'insinue dans le style ovarien et vient perler à son sommet. En somme, les *Ephedra* sont des Angiospermes très primitives et très spécialisées, qui ont encore conservé des caractères gymnospermiques très nets. — MM. **Russo** et **Tussau** : *Itinéraires géologiques dans le Maroc central.* Il existe au pied du Moyen Atlas une zone déprimée (synclinal subatlasique) où a pénétré la mer éocène entre le Moyen Atlas et le pays de Zaïan. On peut y voir un homologue du synclinal éocène subalpin des Alpes occidentales.

Séance du 17 *Janvier* 1916

1° Sciences physiques. — M. **G. Friedel** : *Sur les observations de Haga et Jaeger relatives à certaines dyssymétries des radiogrammes cristallins.* MM. Haga et Jaeger ont publié récemment des observations d'où il résulterait que certaines lames taillées dans un cristal orthorhombique parallèlement à l'un des plans de symétrie du réseau, et recevant un faisceau de rayons X normal à ce plan, fourniraient un radiogramme n'offrant qu'un seul plan de symétrie. Ces auteurs attribuent ce phénomène à des perturbations de la structure du cristal, dues à l'existence de plans vicinaux internes. M. Friedel montre qu'on obtiendrait des radiogrammes identiques à ceux de MM. Haga et Jaeger en imprimant une rotation de 1° à 3° à une lame primitivement bien orientée. Il est donc très possible que le nouveau phénomène se réduise tout simplement à l'effet d'une orientation imparfaite. — M. **S. Reich** : *Sur la nitration de l'acide phénylpropiolique.* Cet acide peut être nitré, en refroidissant, sans qu'il y ait oxydation de la chaîne latérale, avec production d'acide *p*-nitrophénylpropiolique, F. 181°, et parfois d'une petite quantité de son isomère ortho. Le groupe $C \equiv C.COOH$ n'oriente donc pas le radical NO^2 en méta, comme c'est la règle générale. — MM. **Amé Pictet** et **Tsan Quo Chou** : *Sur la formation de bases pyridiques et isoquinoléiques à partir de la caséine.* Les auteurs, guidés par des vues théoriques sur la genèse des alcaloïdes

dans les plantes, qui proviendraient d'après eux de condensations entre les produits primordiaux de décomposition des albumines et l'aldéhyde formique, ont recherché si ces phénomènes peuvent être reproduits en dehors de la plante vivante. Dans ce but, ils ont chauffé au bain-marie, pendant 6 h., 50 gr. de caséine avec 150 gr. d'HCl (d = 1,19), en faisant tomber goutte à goutte 25 gr. de méthylal, donnant de l'aldéhyde formique par hydrolyse. Du produit complexe de la réaction les auteurs ont isolé : de la pyridine, de la 2 : 6-diméthylpyridine, une base C^7H^9N, de l'isoquinoléine, de la 4-méthylisoquinoléine, une base $C^{11}H^{11}N$ et une base $C^{12}H^{13}N$. Il n'a pas été possible de déceler dans le mélange la moindre trace de quinoléine. Une expérience semblable, sans addition de méthylal, n'a fourni aucune des bases précédentes. — M. **G. André** : *Déplacement de la potasse et de l'acide phosphorique contenus dans certaines roches, par quelques substances employées comme engrais.* La trituration de la glauconie (silicate hydraté de fer et de potassium) au sein de l'eau, au contact de sels comme $CaCO^3$, NaCl, NO^3Na, $SO^4(NH^4)^2$, SO^4Ca, a mis en liberté des doses notables de potasse, plus élevées encore qu'avec le feldspath microcline. Des expériences analogues, effectuées avec l'apatite, ont montré que le carbonate d'Am et les nitrates de K et de Na n'ont aucun effet solubilisateur de l'acide phosphorique, tandis que le carbonate de K en a, au contraire, un assez prononcé. — MM. **Armand Gautier** et **P. Clausmann** : *Le fluor dans le règne végétal.* Les auteurs ont poursuivi sur les tissus végétaux leurs recherches sur la présence du fluor dans les tissus animaux. Chez les végétaux, les feuilles sont les organes les plus riches en fluor; on trouve de 3 à 14 mgr. de cet élément dans 100 gr. de feuilles calculées sèches; dans ces mêmes feuilles, les proportions de phosphore sont aussi généralement élevées par rapport au reste de la plante. Les bourgeons (choux-fleurs, asperges) sont un peu moins riches en fluor : 2,57 et 7,94 mgr. pour 100 gr. de parties sèches. Les tiges, bois et écorces sont les organes de la plante les plus pauvres en fluor : 0,36 à 1,7 mgr. pour 100 gr.; ces tissus végétaux sont aussi les plus pauvres en phosphore. Les racines comestibles contiennent du fluor et aussi du phosphore en proportions très variables. Les fruits pulpeux et les graines sont moyennement riches en fluor et en phosphore. Le son de blé est très pauvre en fluor, alors qu'il est très riche en phosphore. Les auteurs n'ont pu distinguer de groupe végétal où le fluor paraisse plus particulièrement nécessaire et abondant. Le fluor et le phosphore croissent ou diminuent le plus souvent ensemble, mais leur rapport est plus variable que chez les animaux.

2° Sciences naturelles. — M. **M. Bassuet** : *Sur le traitement des plaies de guerre anciennes.* L'auteur recommande la sérothérapie spécifique, par le sérum de Leclainche et Vallée en pansements locaux ou en injections sous-cutanées ou intraveineuses, pour le traitement des blessés porteurs de fistules en apparence chroniques, consécutives à des ostéites ou à des corps étrangers. Sous l'influence de ce traitement, on voit se produire des réactions cellulaires profondes, avec suppuration intense qui aboutit, sans intervention, à l'élimination des corps étrangers restés dans la blessure, suivie d'une cicatrisation hâtive du foyer primitif. — M. **H. Bouygues** : *La culture de la betterave sucrière dans le sud-ouest de la France.* L'auteur a essayé en 1914 et 1915 la culture de la betterave sucrière dans deux régions du département du Lot. Le poids moyen de la récolte par hectare a été un peu supérieur à celui qu'on réalise d'habitude dans le nord de la France (35 à 40.000 kgs). Le rendement moyen en sucre des mêmes variétés est, lui aussi, au moins égal au rendement minimum que fournissent les cultures du nord de la France (15%). De nombreux terrains du Lot, du Lot-et-Garonne, de la Gironde et de la Dordogne semblent pouvoir se prêter à la culture de la betterave, et des essais vont y être entrepris en 1916. — M. **H. Douvillé** : *Les Cosmocératidés, histoire d'une famille d'Ammonites* (d'après un mémoire posthume de R. Douvillé) L'auteur montre qu'il existe une ressemblance indéniable dans l'ornementation de tous les genres qui constituent cette famille. Il y a eu à différents moments réapparition de types antérieurs; l'identité n'est pas complète, mais les analogies sont suffisantes pour attribuer ces formes successives à une même tendance intérieure à varier dans un sens déterminé. Cette tendance, qui se manifeste ainsi par des variations prémonitoires et par des retours ataviques, est ce qui constitue l'individualité de la famille; c'est son originalité propre.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 28 Décembre 1915

MM. **P. Marie**, **H. Meige** et **A. Gosset** : *Les localisations motrices dans les nerfs périphériques.* Les auteurs ont reconnu que, dans les nerfs périphériques de l'homme, l'électrisation permet de distinguer, dans une certaine mesure, les fibres de ces nerfs qui se rendent à tel ou tel groupe musculaire. La localisation de ces fibres étant établie, il convient d'en tenir compte pendant les opérations chirurgicales; dans les cas de suture nerveuse, on devra prendre soin d'affronter exactement le pourtour du bout périphérique avec les régions correspondantes du bout central. — M. **A. Gouget** : *La bradycardie de la fatigue.* L'auteur a observé assez fréquemment chez des soldats malades évacués du front (44 fois sur 133 cas) une bradycardie plus ou moins accusée; dans les deux tiers des cas, le pouls battait 60 et 50, dans un tiers entre 50 et 40 et même un peu au-dessous. C'est à l'état de fatigue prononcée de ces soldats que l'auteur attribue la bradycardie observée. En général, le pouls est revenu à la normale après 2 ou 3 semaines de repos.

Séance du 4 Janvier 1916

M. **Alb. Robin** : *Sur un mémoire de M. Pescher relatif à l'entrainement respiratoire par la méthode spiroscopique* (voir t. XXVI, p. 561). — MM. **Bordas** et **Bruère** : *Désintégration par protéolyse microbienne* (voir t. XXVI, p. 449, 489 et 561).

Séance du 11 Janvier 1916

MM. **Al. Carrel**, **Dehelly** et **Dumas** : *Fermeture secondaire des plaies de guerre.* Les auteurs apportent un certain nombre de cas de fermeture secondaire des plaies obtenue de la façon suivante : les plaies sont débridées largement et le plus tôt possible; puis on pratique l'instillation continue avec une solution d'hypochlorite de soude au 1/200e spécialement préparée; la désinfection est en général assez rapide pour que la plaie puisse être refermée, par première intention, avant le 10e jour et se cicatrise sans laisser de traces durables. MM. **Dastre**, **Quénu** et **Bazy** font des réserves sur ce mode de traitement, la plaie pouvant très bien se fermer tout en étant encore infectée.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 8 Janvier 1916

MM. **H. Chabanier** et **E. Ibarra-Loring** : *Du mode d'excrétion par le rein des alcools éthylique et méthylique.* Il semble qu'il y a lieu d'envisager deux groupes parmi les substances que le rein excrète : 1° les substances qui sont concentrées, sécrétées, au sens vrai du mot, par cet organe. L'urée, le glucose, les iodures, la plupart des corps éliminés par le rein rentrent dans cette catégorie; 2° les substances qui sont simplement diffusées et se trouvent dans l'urine au même taux que dans le sang. L'alcool éthylique et l'alcool méthylique sont les types des substances de cette catégorie. — M. **Ed. Retterer** : *Du cycle du fer dans la rate.* Les cellules du parenchyme splénique, et spécialement leurs noyaux, accumulent, surtout chez l'adulte, le fer qui s'y trouve

à l'état « masqué ». Le fer persiste sous la même forme dans les noyaux qui se transforment en hématies. Quant aux autres noyaux qui se désagrègent, le fer y apparaît à l'état « mi-masqué ». Les amas ou grains ferrugineux représentent des fragments protoplasmiques en voie de régression. — M. **P. Delbet**: *Quelques observations de plaies de guerre traitées par l'auto-vaccin iodé total de Weinberg et Séguin.* Ce vaccin est préparé avec tous les microbes que l'on trouve dans la plaie, le pus ou la sérosité étant traités par une solution iodée, puis le mélange centrifugé et le culot repris par la solution physiologique. Les injections d'auto-vaccin iodé total sont inoffensives; elles déterminent à peine une légère réaction à la 2e ou 3e piqûre. Ces injections provoquent souvent une amélioration brusque de l'état général, avec diminution de l'œdème autour de la plaie. Dans les cas où le vaccin n'a pas amené la guérison, il a cependant déterminé une notable amélioration qui a aidé le malade dans sa lutte contre l'infection. — M. **J. Legendre**: *Sur un nouveau mode de transport des larves de moustiques.* L'auteur a reconnu que les larves de *Culex* supportent bien, pendant au moins 5 jours, le séjour hors de l'eau et en vase clos, à condition de leur éviter la dessiccation (en les plaçant par exemple sur une couche de mousse humide). De ce fait, leur transport du gîte au laboratoire est grandement facilité. — M. **A. Brachet**: *Variations individuelles précoces au cours du développement embryonnaire.* L'auteur a mis en évidence, au cours du développement embryonnaire de *Rana fusca*, un certain nombre de variations individuelles précoces qui traduisent toutes une modification en plus ou en moins dans un domaine déterminé de l'activité métabolique de l'œuf fécondé; leur valeur est donc d'ordre purement quantitatif, et même susceptible d'être exactement mesurée. D'autre part, il n'est pas contestable que ces variations ont la même importance et probablement la même signification que ce que les théoriciens modernes de l'hérédité désignent sous le nom de « caractères ». On voit par là l'aide que l'embryologie causale peut apporter à la solution des problèmes de l'hérédité. — MM. **J. P. Bounhiol** et **L. Pron**: *Sur la température optima du développement ovarien et de la ponte chez la Daurade ordinaire (Chrysophrys aurata) des côtes d'Algérie.* La ponte de la Daurade ne commence pas avant que la température de l'eau ne soit descendue aux environs de 19° C.; au cours des automnes algériens tardivement chauds, elle est manifestement retardée. Mais si la température de l'eau vient à s'abaisser d'une manière notable et prolongée au-dessous de 14°, l'émission des œufs se trouve ralentie ou momentanément suspendue. Le développement ovarien et la maturation ovulaire commencent fin septembre et durent jusqu'à la fin d'octobre; la régression ovarienne, partielle d'ailleurs, est aussi de courte durée.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 17 *Décembre* 1915

MM. **Le Rolland** et **A. Carpentier** : *Appareil d'induction pour la recherche des projectiles.* L'idée de déceler les masses métalliques dans le corps humain à l'aide d'un appareil d'induction semble due à Graham Bell (*American Journal of Science*, t. XXV, 1883), qui, dans le but de reconnaître la position de la balle dont avait été frappé le Président Garfield, chercha à rendre sensible la balance d'induction de Hughes, sans obtenir, d'ailleurs, un résultat entièrement satisfaisant. Au début de la guerre, M. Lippmann a recommandé l'emploi de cette méthode d'induction simple et commode, en insistant sur les avantages qu'elle pouvait présenter pour la chirurgie militaire (*C. R. Acad. Sc.*, 3 novembre 1914). Depuis, quelques appareils ont été réalisés, en particulier celui de M. de La Baume-Pluvinel (*C. R. Acad. Sc.* 27 septembre 1915). Les premières expériences ont été faites par les auteurs avec la disposition ordinaire de la balance de Hughes, c'est-à-dire avec quatre bobines formant deux systèmes d'induction identiques. Les forces électromotrices induites dans les deux secondaires étant exactement opposées (en sorte qu'un téléphone placé dans le circuit ne fait entendre aucun son), si l'on approche une masse métallique de l'une des bobines, le champ est troublé et l'équilibre détruit. Une sensibilité suffisante a été obtenue par l'emploi du courant alternatif du secteur et en coupant le circuit secondaire avec la période du courant alternatif à l'aide d'un relais polarisé. Les auteurs ont ensuite cherché à obtenir une bonne sensibilité en utilisant une source portative de courant (accumulateur ou pile). Le dispositif qui leur a donné les meilleurs résultats ne comporte que deux bobines. La bobine inductrice est à gros fil et son champ est renforcé par un noyau de fer doux; elle est donc identique au primaire d'une bobine d'induction ordinaire. La bobine induite est à fil fin; elle est fixée à l'une des extrémités du primaire, de telle façon que les axes des deux bobines soient dans un même plan et que le plan des spires de l'une soit normal au plan des spires de l'autre. Dans ces conditions, la force électromotrice induite résultante est nulle et aucun son n'est perceptible au téléphone. Cependant, si l'équilibre n'est pas complètement réalisé, on peut obtenir le silence au téléphone en approchant de la bobine une masse métallique convenable. Le courant (fourni par un accumulateur ou une pile) entretient un trembleur par le jeu duquel, à chaque fermeture du contact, il passe en court-circuit dans le primaire. A cet effet, l'électro-aimant du trembleur est en dérivation sur le contact. Quand il attire son armature, la lame élastique vient au contact d'une butée. Le courant passe alors en court-circuit dans le primaire, l'électro lâche son armature et celle-ci entraîne la lame, etc. Un condensateur est en dérivation sur le contact. Deux appareils explorateurs ont été réalisés. L'un, dont la bobine induite a un diamètre de 10^{cm}, a pour objet de déceler extérieurement le projectile (on le promène à la surface du corps jusqu'à ce qu'un son d'intensité maximum se fasse entendre au téléphone). Il décèle une balle allemande approchée à 8^{cm} de la surface de la bobine induite. L'autre appareil est de dimensions plus réduites (la bobine secondaire a 1^{cm} de diamètre). Il est destiné à être introduit dans la plaie opératoire et à guider le chirurgien vers le projectile, pour son extraction. Dans ce but, on le recouvre d'une gaine de caoutchouc stérilisée. Sa sensibilité est de 3^{cm} à 4^{cm} pour une balle allemande.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 24 *Décembre* 1915

M. **A. Haller** et Mme **Ramart**: *Sur les δ-aminocétones et les tétrahydropyridines.* Les auteurs, en chauffant à 100° la *n*-propyldiméthylacétophénone δ-chlorée avec de l'alcool absolu saturé d'ammoniaque, ont obtenu le chlorhydrate de la *n*-propyldiméthylacétophénone δ-aminée (prismes incolores, F. 220°), qui, traité par la soude caustique, laisse déposer une huile, Eb. 150-151° sous 17 mm., qui est constituée par la 2-phényl-3 : 3-diméthyltétrahydropyridine. Soumise en solution éthérée à l'action de HCl gazeux sec, elle donne un chlorhydrate cristallisé, tandis que, si on la chauffe avec une solution concentrée d'HCl, elle reproduit le chlorhydrate de la δ-aminocétone. Les auteurs ont obtenu des homologues supérieurs de la δ-aminocétone et de la tétrahydropyridine correspondante, notamment en partant de la *n*-propyléthyméthylacétophénone δ-chlorée, obtenue en faisant agir du chlorobromure de triméthylène sur de la méthyléthylacétophénone.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 4 29 FÉVRIER 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Physique du Globe

Le rayonnement solaire et le magnétisme terrestre. — Les principaux instruments de recherche qui puissent conduire à une connaissance précise des phénomènes dont la haute atmosphère est le siège sont les instruments enregistreurs, installés dans les observatoires magnétiques en vue d'inscrire les innombrables variations du champ magnétique terrestre. M. Bauer[1] a montré récemment le rôle que peuvent jouer certains phénomènes magnétiques terrestres en nous dévoilant l'état électrique probable à des altitudes de 100 kilomètres et plus.

Une attention spéciale doit être accordée aux conclusions tirées des observations magnétiques faites pendant des périodes où varie le rayonnement solaire, comme pendant les éclipses totales, ainsi qu'à l'étude simultanée des variations de la constante solaire (telles qu'elles résultent des observations d'Abbot) et des fluctuations magnétiques. Il en résulte que le champ magnétique terrestre éprouve une variation notable pendant la durée d'une éclipse totale de Soleil, ainsi que pendant les périodes où les valeurs de la constante solaire obtenues par Abbot permettent de constater des variations du rayonnement solaire. D'une façon approchée, on peut dire qu'une augmentation de 10 % de la constante solaire correspond à une décroissance de $\frac{1}{50}$ % de la constante magnétique utilisée dans la mesure des variations du magnétisme terrestre.

§ 2. — Météorologie

Le climat hivernal de la Méditerranée orientale. — Dans une récente séance de la Société royale de Météorologie, à Londres, le major H. C. Lyons[2] a attiré l'attention sur le climat hivernal de la Méditerranée orientale, qui exerce une grande influence sur les opérations militaires et navales qui s'y déroulent.

Pendant les 15 ou 20 dernières années, un grand nombre de stations météorologiques ont fonctionné dans ces régions, et les observations qu'elles ont publiées permettent de se faire une idée exacte et détaillée des conditions météorologiques qui dominent aux différentes saisons de l'année. Ces conditions varient du climat continental vrai des Balkans, avec ses basses températures en hiver et ses chutes de pluie modérées en toutes saisons, au climat méditerranéen de la Grèce méridionale et du Levant, avec son hiver doux, son été chaud, et une saison pluvieuse fortement marquée en hiver. Dans la basse Egypte, ces caractéristiques se retrouvent d'une façon encore plus accentuée.

La température de la péninsule balkanique en hiver est fréquemment très basse, descendant jusqu'à — 18° C. et souvent au-dessous en certaines stations; la gelée se produit fréquemment dans la Grèce intérieure et occasionnellement dans la Méditerranée orientale. Le temps le plus rude se présente lorsque des conditions anticycloniques, avec un ciel clair et des vents légers, s'établissent sur les Balkans; la température de l'air s'abaisse alors fortement, et il en résulte un courant venant des régions montagneuses sur la mer Egée sous forme d'un vent du Nord violent et froid, qui atteint souvent la force d'une tempête. Janvier est le mois le plus froid, et février en diffère peu; c'est en mars que les conditions commencent à changer. Dans ce mois, les eaux de la Méditerranée deviennent plus chaudes. Pendant les mois d'hiver, leur température avait été de 3° à 5° supérieure à celle des côtes, où, par suite, le climat de l'hiver est beaucoup plus doux qu'à l'intérieur; mais, en mars, la différence s'affaiblit et disparaît en certains endroits, la terre ferme se réchauffant très rapidement.

En hiver, la chute de pluie est plus forte sur les côtes occidentales de la Grèce et de la Syrie, et bien moins marquée sur la côte orientale de la Grèce. La chute de pluie dans les Balkans présente un maximum en novembre et décroît ensuite lentement, mais elle n'est jamais très élevée. La pluie tombe pendant le passage des dépressions qui proviennent de la Méditerranée et qui vont de l'W à l'E, en amenant un temps nuageux et

1. *Physical Review*, décembre 1915.
2. *The Observatory*, t. XXXIX, p. 94; févr. 1916.

doux, de la pluie et des vents violents. La chute de pluie décroît vers le Sud, et elle est insignifiante dans la Basse Egypte.

La circulation normale de l'air dans la Méditerranée orientale est simple dans ses lignes générales. Des vents du N soufflent sur la Grèce et la mer Egée, en passant au NW dans la Méditerranée et à l'W sur la côte de Syrie. En Egypte, les vents du N prédominent. Cet arrangement, qui suit la distribution moyenne de la pression en hiver, est toutefois fortement modifié par le passage fréquent de dépressions le long de la Méditerranée de l'W à l'E. Plusieurs traversent les Balkans vers la mer Noire et la Russie méridionale, en causant de fortes tempêtes du S dans la mer Egée, avec de la pluie et un temps doux pendant 2 ou 3 jours. D'autres croisent la Grèce et l'Egée, en produisant à leur approche de forts vents du S, qui sautent généralement au NW le jour suivant. D'autres, par contre, traversent le sud de la Grèce, rasant parfois la côte égyptienne, et produisent des tempêtes du SW dans la Méditerranée orientale et le Levant, et des vents du N dans la mer Egée. Une analyse des observations montre que les vents du N, qui provoquent une mer agitée dans la mer Egée pendant les mois d'hiver, sont plus fréquents que les vents du S dans la proportion de 2,5 à 1; et comme la plupart de ces vents du N sont dus à l'air froid descendant des hauteurs des Balkans, les vents du N peuvent durer quelquefois jusqu'à une semaine, tandis que les tempêtes du S durent rarement plus de 2 jours, à moins qu'une seconde dépression suive immédiatement la première.

§ 3. — Electricité industrielle

Sur une lampe à arc de dimensions réduites et de grande puissance[1]. — En 1913 on a commencé au Laboratoire des ateliers de Ponders-End, de la Société Edison and Swan United Electric Light C°, des recherches pour la création d'une lampe en tout semblable extérieurement à l'ampoule à incandescence, mais où la source lumineuse serait un petit arc jaillissant entre deux électrodes de tungstène ou d'une autre substance réfractaire.

Le premier essai dans cette voie consista à employer deux électrodes de tungstène ou de molybdène qui, d'abord en contact pour laisser passer le courant, s'écartent pour former l'arc sous l'effet de la dilatation d'un fil en série avec l'arc. L'électrode positive est formée par un globule de tungstène fondu et l'électrode négative par un petit balai en fils du même métal. Ces électrodes sont montées dans une ampoule qui, après avoir été vidée d'air, est remplie d'azote à une pression égale aux deux tiers environ de la pression atmosphérique.

La lumière ainsi obtenue est blanche et très vive. Malheureusement les électrodes ont tendance à se coller au point que le fil à dilatation n'en peut vaincre l'adhérence. De plus, l'arc crache et cela réduit notablement la durée de la lampe, que divers perfectionnements ont permis néanmoins de porter à une centaine d'heures.

Pour tourner cette difficulté et supprimer la nécessité de mettre tout d'abord les électrodes en contact pour l'amorçage de l'arc, on a eu l'idée d'utiliser l'émission d'électrons négatifs qui, suivant les remarques de J. J. Thomson et de Fleming, se produit à la surface de tout corps incandescent.

Les premières tentatives d'utilisation de ce principe furent faites au moyen d'une lampe à courant alternatif comportant deux électrodes de tungstène à écartement fixe et, dans leur voisinage immédiat, un fil ioniseur en parallèle avec l'arc. En fermant un interrupteur, l'arc et le fil ioniseur sont mis simultanément en série; le courant, passant d'abord dans ce dernier, produit l'ionisation de l'atmosphère entre le fil et les électrodes, et un arc s'établit entre ce fil et chacune d'elles alternativement. Au bout d'un instant, le fil est mis hors circuit et l'arc s'établit entre les deux électrodes.

Dans la lampe pour courant continu construite sur le même principe, mais avec une électrode négative plus petite, on se heurte à une difficulté; l'arc ne quitte pas le fil ioniseur pour éclater entre l'électrode positive et l'électrode négative, parce que cette dernière n'atteint pas une température assez élevée. On y est cependant arrivé par la suite.

Pour parer à la destruction rapide, par la chaleur de l'arc, du filament ioniseur, on a étudié des mélanges de tungstène et d'oxydes très réfractaires, tels que ceux de zirconium, d'yttrium, de thorium, et l'on est parvenu à établir un filament durable. Mais l'action prolongée de l'arc, sans le détruire, altère les propriétés du filament qui, au bout de 200 heures, ne rallume plus la lampe. Pour obvier à cette altération, il faut soustraire la partie active du filament à l'action immédiate de l'arc. A cet effet, lorsque l'arc est amorcé, un dispositif automatique fait osciller les électrodes et les porte en face d'une partie du filament autre que celle qui produit l'ionisation de l'air entre l'arc et lui. Dans d'autres modèles, l'électrode négative est remplacée par une surépaisseur du filament ioniseur; quand l'arc est amorcé entre l'électrode positive et le filament, il tend à grimper de lui-même vers le point où l'écartement des électrodes est minimum.

Dans cette lampe, toute la lumière produite émane d'un petit globule de tungstène fondu de 2,5 mm. de diamètre.

Parmi les avantages de ces lampes à arc à ampoule on peut signaler :

Par rapport aux lampes à arc ordinaires, la suppression du régulateur, de l'entretien, la stabilité de l'arc, l'absence de danger d'incendie;

Et par rapport aux lampes à incandescence, la condensation de la source lumineuse en un point, la blancheur de la lumière et le moindre volume aux grandes puissances (une lampe de 500 bougies peut n'avoir qu'une ampoule de 100 mm. de diamètre).

On a déjà fait des lampes de 500 heures et des expériences en cours permettent d'espérer une durée normale de 800 heures. La perte d'intensité lumineuse au bout de cette existence est d'environ 10 o/o. L'arc est très stable; il ne s'éteint que pour une chute de voltage de 20 o/o dans les petites lampes, 25 o/o dans les grosses. L'éclat est d'environ 1550 bougies par cm², contre 155 environ pour la lampe à filament de carbone.

§ 4. — Photographie

La Phototégie. — J'ai déjà eu l'occasion[1] de faire incidemment allusion à ce procédé, qui permet de transformer une image photographique aux sels d'argent en reliefs inversement proportionnels aux opacités du dépôt métallique. Voici quelques précisions sur la mise en pratique de cette méthode.

En 1899, Andresen avait signalé la propriété que possède l'eau oxygénée de dissoudre à la fois l'argent réduit par le révélateur et la gélatine qui lui sert de substratum. Cependant, cet effet est parfois très lent à se produire, même avec l'eau oxygénée très concentrée. M. Houzel, en 1902, indiquait une durée de 15 à 24 heures. J'ai vérifié que le dépouillement s'accomplit en quelques instants, si l'on ajoute à l'eau oxygénée neutre du commerce quelques gouttes d'acide acétique, ou si l'on emploie le bain suivant, dont la préparation est éminemment simple et économique :

Eau.....	100 cc.
Acide chlorhydrique...	10 cc.
Bioxyde de baryum....	4 gr.

1. Gimingham et Mullard : *The Institution of Electrical Engineers*, décembre 1915.

1. *Revue générale des Sciences*, 15 novembre 1915, p. 600.

Le tout ne revient pas à 2 centimes et peut servir plusieurs fois. L'eau oxygénée ainsi obtenue est loin d'être pure; mais le chlorure de baryum qu'elle contient favorise la dissolution de la gélatine et active le dépouillement, qui s'achève souvent en 2 ou 3 minutes, du moins quand le bain est de préparation récente. Les gélatines dures exigent d'ailleurs plus de temps que les gélatines tendres. Au bout de quelques jours, le bain a perdu la plus grande partie de ses propriétés, et il vaut mieux en préparer un nouveau.

MM. Belin et Drouillard ont pris un brevet pour l'exécution de reliefs photographiques par l'eau oxygénée additionnée d'acide azotique, de sulfate de cuivre et de bromure de potassium [1].

Il convient de remarquer que les clichés ne se prêtent pas tous également au traitement par l'eau oxygénée. Les révélateurs qui tannent la gélatine rendent incertaine l'action du dissolvant : tels sont ceux qui contiennent de l'acide pyrogallique ou du formol. Les meilleurs résultats m'ont été fournis par l'oxalate ferreux et, à un moindre degré, par le diamidophénol. Le développement doit être poussé de manière à donner un négatif vigoureux. Le fixage est inutile, à moins que l'on ne se propose d'obtenir un diapositif très transparent (j'ai pu transformer ainsi des clichés exécutés depuis plus de 15 ans). Le négatif est lavé avec soin et, à partir de ce moment, toutes les manipulations peuvent être effectuées au grand jour. Il est d'ailleurs indifférent d'y procéder immédiatement ou de les renvoyer à plus tard : dans ce dernier cas, on n'aura qu'à laisser sécher la plaque.

Le dissolvant préparé selon la formule ci-dessus est versé dans une cuvette en verre ou en porcelaine : un récipient en tôle ou en carton laqué serait trop promptement mis hors d'usage par le liquide oxydant et acide. Si la plaque avait été mise à sécher, on la mouille d'abord à l'eau pure, afin d'éviter les bulles d'air; on l'immerge ensuite rapidement dans le dissolvant, et l'on agite la cuvette. La gélatine ne tarde pas à se plisser, puis se soulève, d'abord sur les grands noirs du négatif. On balance la cuvette en tous sens et, dès qu'on aperçoit quelques lambeaux de la couche qui se détachent, on remplace l'eau oxygénée par de l'eau pure dans laquelle s'achève le dépouillement, que l'on peut, au besoin, aider par quelques frictions très légères.

Si le négatif n'a pas été fixé dans l'hyposulfite, le phototype dépouillé montre une image positive du modèle : les ombres y sont représentées par des couches plus ou moins épaisses de gélatinobromure d'argent resté inattaqué. On pourrait, évidemment, intensifier notablement ce diapositif, en le plongeant dans un révélateur qui noircirait l'émulsion; mais on n'aurait ainsi que du noir ou des gris peu variés. La phototégie fournit, par simple imbibition, des images de n'importe quelle nuance.

Veut-on, par exemple, une image rose? On n'a qu'à tremper la plaque dans une solution d'érythrosine. Les parties épaisses du relief en gélatine absorberont une quantité relativement considérable de la solution colorante; les régions plus minces en prendront moins, et celles où le verre a été mis à nu par l'eau oxygénée ne retiendront point de couleur. Toutes les matières colorantes solubles dans l'eau, et il y en a des centaines, peuvent être ainsi employées, soit isolément, soit mélangées : c'est dire que la gamme des tons réalisables est illimitée. Il est vrai que la stabilité d'un grand nombre de ces couleurs laisse à désirer; mais, lorsqu'un diapositif teinté de la sorte aura pâli, à la longue, sous l'action de la lumière, il suffira de le soumettre à une nouvelle imbibition pour qu'il reprenne son éclat primitif.

Le cliché ainsi imprégné de colorant peut servir à imprimer des épreuves sur papier, par simple contact à l'état humide. On emploiera dans ce but un papier recouvert d'une mince couche de gélatine dure, par exemple le papier dit de *simple transfert*, en usage dans le procédé au charbon. Toutefois, les couleurs utilisables dans cette application sont peu nombreuses, car la plupart passent difficilement d'une couche à l'autre ou bien diffusent trop, de telle sorte que les épreuves sont généralement ou voilées ou floues. Les couleurs qui conviennent le mieux au tirage par contact sont : le bleu pur diamine, le carmin naturel dans l'ammoniaque, le jaune mikado, le jaune diamant R et la primuline. En mélangeant ces matières colorantes, on obtient une grande variété de tons. Le papier, d'abord bien détendu dans l'eau, est appliqué également dans l'eau contre le cliché coloré et rincé; on évite ainsi l'interposition de bulles d'air. Sortant ensuite le tout de la cuvette, on passe légèrement la raclette au dos du papier pour chasser l'excès de liquide. Au bout de quelques minutes, on soulève un coin de l'épreuve, afin de l'examiner; quand l'image est suffisamment venue, il n'y a plus qu'à séparer le papier du cliché. Il est parfois possible de tirer 2 ou 3 épreuves sans imbiber de nouveau le cliché de colorant.

L'image en relief est également applicable à la gravure photographique : il suffit d'en prendre une empreinte au carton-pâte et de couler sur le flan un alliage d'imprimerie. Suivant que l'image initiale est positive ou négative, on obtient un cliché en creux ou en relief sur métal, sans morsure à l'acide et en évitant par conséquent les complications du gillotage.

Ernest Coustet.

1. Brevet français n° 423.150.

§ 5. — Sciences médicales

La préparation du catgut. — Le catgut est une substance qui, grâce à sa propriété d'être résorbée par l'organisme, est d'un emploi courant en chirurgie pour suturer les plaies opératoires. Le catgut est préparé avec l'intestin grêle de mouton. Celui-ci, vidé du résidu alimentaire, est tout d'abord raclé grossièrement à l'aide d'un instrument spécial, puis fendu suivant les deux extrémités d'un diamètre. Les fragments sont mis à macérer dans des solutions alcalines, puis on râcle soigneusement la muqueuse interne; à la fin de cette macération, on traite quelquefois ces produits par l'eau oxygénée et l'acide sulfureux en vue de les blanchir. Les lanières qui résultent de ces traitements, réunies par 2, 3, 4 ou 5, sont tordues au moyen d'une sorte de rouet de cordier; on obtient ainsi les cordes, qui subissent ensuite une série d'opérations pharmaceutiques pour les rendre stériles et constituent alors le catgut proprement dit, qui est livré au praticien en tubes fermés.

L'opération de la stérilisation est la plus difficile de toutes et donne souvent des mécomptes, les fils de catgut considérés comme stérilisés provoquant parfois une infection secondaire des plaies. Aussi M. A. Goris, professeur agrégé à l'Ecole de Pharmacie, s'est-il livré, au laboratoire de M. Borrel à l'Institut Pasteur, à une série de recherches en vue d'établir les meilleures méthodes pour obtenir un catgut parfait [1].

Ses expériences lui ont permis de reconnaître que la préparation d'un catgut stérile et solide dépend plus de la fabrication de la corde que des moyens mis en œuvre pour assurer la stérilisation de cette corde une fois terminée. Avec une corde préparée en se conformant aux notions élémentaires d'asepsie bactériologique et en prenant toutes les précautions indispensables pour éviter une réinfection des boyaux par contact, la préparation d'un catgut stérile est facile à obtenir; avec une corde infectée, la stérilisation est très difficile, on peut presque dire impossible.

La préparation des cordes à partir de lanières aseptiques paraît à M. Goris la seule solution à donner à la question, et cette préparation devrait être laissée aux

1. *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXX, n° 1, pp. 5-32; janv. 1916.

pharmaciens, qui assumeraient ainsi toute la responsabilité de la fabrication.

A défaut d'une fabrication spécialisée par le pharmacien, les boyaudiers devraient installer, en vue de la préparation des cordes à catgut, un traitement particulier des boyaux. Ceux-ci seraient prélevés aussitôt l'animal tué et immédiatement mis dans des glacières portatives, permettant leur transport à l'atelier dans les meilleures conditions. Au cours de la même journée, les boyaux seraient complètement traités et les lanières mises dans des solutions antiseptiques; on supprimerait ainsi la fermentation inutile que l'on fait actuellement subir à ces matières. Un séjour de 48 heures dans l'eau oxygénée à 50 °/o semble suffisant pour amener la stérilisation des lanières.

A partir de ce moment, il est indispensable que les lanières soient transportées dans un local différent de celui où s'est faite l'opération du râclage. Elles seraient manipulées (filage et tordage) par un personnel spécial, et sur un matériel imputrescible et facile à désinfecter. C'est en effet au cours de ces deux manipulations que les cordes sont le plus susceptibles d'être réinfectées; cette partie du travail est celle qui demande la plus grande surveillance.

Les cordes ainsi préparées peuvent être stérilisées par une des méthodes suivantes, qu'a expérimentées M. Goris :

1° Immersion de 24 à 48 h. dans une solution iodée à 0,5 ou 1 °/o;

2° Immersion de 7 à 8 jours dans l'eucalyptol;

3° Tyndallisation de 5 jours à 60°, pendant 10 h. par jour, dans l'alcool à 90°;

4° Chauffage à 120° dans des liquides ou vapeurs anhydres, de préférence l'alcool absolu.

Pour des cordes infectées, ces limites doivent être considérablement reculées, et des spores résistantes bien protégées peuvent parfois rester indemnes, malgré la prolongation d'un des traitements précédents.

Le catgut ainsi préparé peut être transporté dans un liquide stérile assouplissant convenablement choisi. L'auteur préconise l'alcool ou l'acétone, contenant 20 à 25 °/o d'eau, et au besoin 5 à 10 °/o de glycérine. Le liquide de choix serait certainement le bouillon présentant toutes les garanties d'une bonne stérilisation; cependant, bien que préconisé depuis plus de 20 ans par Répin, son emploi rencontre encore certaines préventions de la part des chirurgiens.

§ 6. — Géographie et Colonisation

Le chemin de fer de Pétrograd à la côte mourmane. — Il y a une année, en étudiant les modifications apportées par la guerre aux communications de la Russie avec le reste de l'Europe [1], nous signalions la reprise d'un important trafic par la voie d'Arkhangel et de la mer Blanche et nous décrivions les améliorations en cours d'exécution sur la ligne Vologda-Arkhangel : réfection à voie normale et doublement partiel, ainsi que les travaux de développement du port d'Arkhangel. Ces travaux sont aujourd'hui à peu près, sinon complètement terminés [2]; mais, malgré l'action de puissants navires brise-glace, le grand port de la mer Blanche n'en continue pas moins à rester bloqué pendant plusieurs mois d'hiver, et tout trafic est arrêté.

Par contre, la côte septentrionale de la péninsule de Kola, ou côte mourmane, bien que située plus au Nord, est complètement dégagée de glaces dans la période des grands froids, grâce au passage d'une branche du gulf-stream, dont les eaux viennent réchauffer le littoral. Depuis un certain nombre d'années, le Gouvernement russe avait projeté d'y établir un port en eau libre, destiné à être relié plus tard par voie ferrée avec les grandes villes du centre. Les circonstances créées par la guerre ont hâté la réalisation de ce projet, qui est à la veille de devenir une réalité [1].

Le port choisi par les Russes après une étude hydrographique minutieuse de la côte mourmane porte le nom d'Ekaterininskaïa Gavan (ou Port-Catherine); il est situé près d'Alexandrovsk, au nord de la ville de Kola, dans le fjord au fond duquel se jette le fleuve Touloma. Ce port pouvait être relié à la capitale de l'Empire russe en utilisant la voie des chemins de fer finlandais, qu'on n'aurait eu qu'à prolonger vers le nord au delà des points terminus actuels de Tornea ou de Kajaani. Mais des raisons stratégiques : possibilité d'une attaque de la flotte allemande contre les chemins de fer finlandais aux points où ils longent la côte, et techniques : rigueur extrême du climat dans la Laponie centrale, ont fait rejeter cette solution, plus économique, et adopter un trajet entièrement nouveau, qui a l'avantage de passer par la côte occidentale de la mer Blanche et de desservir les ports qui s'y trouvent.

La nouvelle ligne emprunte d'abord jusqu'à Zvanka le tracé de la ligne existante Petrograd-Viatka, puis s'en détache vers le Nord pour se diriger sur Petrosawodsk en traversant la région située entre les lacs Ladoga et Onéga. De là elle se dirige sur la mer Blanche, qu'elle atteint au port de Soroka, la longe en passant par le port de Kem, puis par le village de Kandalakscha au fond du golfe de ce nom. Le tracé passe ensuite à l'est du lac Imandra, puis du petit lac de Kola, et suit la rivière qui en sort jusqu'à son confluent avec la Touloma, qu'il traverse à Kola pour suivre la rive gauche jusqu'à Port-Catherine. La longueur totale de la ligne, à voie normale, est d'environ 1.500 kilomètres. Les deux points culminants entre la Baltique et la mer Blanche et entre celle-ci et l'océan Arctique ne sont que de 133 et 136 m., de sorte que les pentes sont partout très faibles.

La section qui va jusqu'à Soroka a dû être ouverte à l'exploitation dans le courant de ce mois; de ce port à Kandalakscha, le trajet se fera provisoirement par bateau; de là à Kola, la construction de la voie progresse activement et sera probablement terminée en mai.

Dans l'établissement de cette ligne, les Russes ont rencontré des difficultés techniques considérables, tenant à la nature du terrain, marécageux et tourbeux sur une bonne partie du parcours, et surtout à la rigueur du climat et à la longueur des nuits. Malgré cela, l'avancement sur chaque front d'attaque a été en moyenne de 3 kilomètres par jour; on a heureusement pu entamer la construction sur plusieurs points, grâce aux contacts avec la mer; près de 40.000 ouvriers ont été mobilisés pour cette tâche.

L'exploitation ne sera pas moins difficile à cause du froid, du brouillard, du verglas et de la neige.

L'éclairage sera assuré par l'électricité ou par l'acétylène dissous dans l'acétone, qui ne se congèle pas aux basses températures de ces régions. Pour protéger la voie contre l'envahissement des neiges, non seulement on a établi d'un ou des deux côtés des écrans en bois, mais encore on a prévu de 6 en 6 kilomètres des baraquements logeant des équipes d'ouvriers pour le déblayage à la pelle. La traction sera assurée par de puissantes locomotives américaines, du type décapode Baldwin ou du type articulé Mallet à six essieux couplés par trois.

1. *Revue gén. des Sciences* du 28 février 1915, p. 105.
2. Voir *L'Illustration* du 8 janvier 1916, p. 38.

1. Voir le *Times Russian Supplement*, n° du 30 octobre 1915, p. 3, et l'article de M. Edouard Blanc dans les *Annales de Géographie*, n° du 15 janvier 1916, p. 47.

HUYGHENS HORLOGER

La Société hollandaise des Sciences élève à Christiaan Huyghens un monument digne de cet illustre mathématicien en publiant ses Œuvres complètes. A l'heure actuelle, 12 volumes de ce formidable travail ont déjà paru, dont dix consacrés à la Correspondance, qui reproduit environ 3.000 pièces, avec un nombre incalculable de notes précieuses, biographiques, bibliographiques ou explicatives.

Cette publication éclaire tout particulièrement le rôle de Huyghens comme créateur de la Chronométrie moderne. C'est ce rôle qu'il m'a paru intéressant de faire ressortir dans ces lignes qui traitent de *Huyghens horloger*[1].

I

L'idée directrice de Huyghens, celle qui a été son fil d'Ariane dans ses recherches horlogères, durant tout le cours de son existence, est la solution du fameux problème de la détermination des longitudes en mer. C'est à la détermination des longitudes que pensait Huyghens lorsqu'il fit en 1656 la première application du pendule à la régulation des horloges. C'est à elle qu'il songeait lorsqu'il introduisit dans les montres le spiral en 1675. C'est elle encore qu'il poursuivait quelques mois avant sa mort, lorsqu'il s'abouchait avec un éditeur en vue de la publication de la description de sa dernière invention chronométrique, en mars 1695. Ses premiers échecs ne lui avaient rien enlevé de sa foi dans le succès. Son inébranlable confiance dans la vertu du pendule en mer se manifeste encore dans une lettre écrite par lui en juin 1694 au marquis de l'Hospital. Il venait de mettre la dernière main à l'invention à laquelle je viens de faire allusion et il déclarait nettement à l'Hospital : *Je prétends maintenant pouvoir porter sur mer des horloges aussi justes que le sont les pendules de trois pieds dont on se sert à l'Observatoire.*

Les dates extrêmes citées ci-dessus montrent que, pendant près de 40 ans, Christiaan Huyghens a été attelé au problème des longitudes. C'est la recherche de la solution de ce problème qui lui a inspiré ses découvertes et a fait de lui en quelque sorte le *père scientifique de l'horlogerie moderne.*

1. L'expression de « Huyghens horloger » doit être entendue en donnant à horloger le sens du mot anglais *horologist*, horloger-théoricien, et non celui qui correspond à *Watchmaker*.

II

On sait que la première invention horlogère de Huyghens, celle de l'application du pendule au réglage des mouvements, lui a été vivement disputée. Dès qu'il eut publié en 1658 son *Horologium*, il s'éleva de Florence une réclamation de priorité en faveur de Galilée. Cette réclamation fut produite, à la demande du prince Léopold de Médicis, par Viviani.

Galilée, disait-on en substance, avait eu l'idée d'appliquer le pendule à la mesure du temps. Il

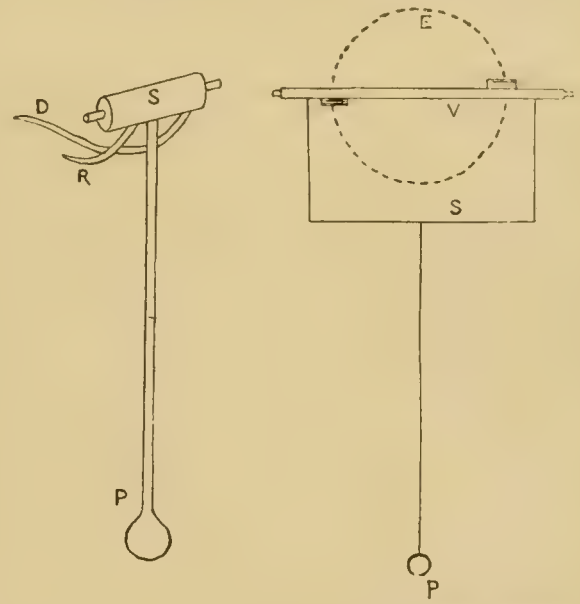


Fig. 1. — *Le pendule de Galilée, bloc rigide oscillant sur pivots, antérieur à Huyghens.*

Fig. 2. — *Le pendule du Palais de Médicis, avec roue de rencontre et lentille légère, postérieur à Huyghens.*

avait donné à son fils les indications nécessaires à la réalisation de l'horloge à pendule qu'il avait en vue. Celui-ci exécuta les intentions paternelles et construisit un mécanisme qui fut abandonné à sa mort, survenue en 1649, sept ans après celle de son père.

L'astronome Boulliaud, ami de Huyghens, communiqua à ce dernier le dessin de l'horloge de Galilée, qu'il avait obtenu de son correspondant Léopold de Médicis. Voici en quels termes Huyghens accuse réception à Boulliaud de cette communication :

« Vous m'avez fait très grand plaisir en m'envoyant le dessin de l'horologe que Galilée avoit commencé. Je voy que le pendule y est aussi bien

qu'au mien; mais non pas appliqué de mesme façon, car premièrement il a substitué une invention beaucoup plus embarrassée au lieu de se servir de la roue qu'on appelle de rencontre. Secondement il n'a pas suspendu le pendule d'un filet ou petit ruban, de sorte que toute sa pesanteur repose sur l'axe sur lequel il se meut, ce qui sans doute est la principale cause pour quoy sa manière n'a pas bien succédé, car je scay par expérience que le mouvement en devient beaucoup plus difficile et l'horologe subject à s'arrester. Quoyque donc Galilée ait eu la mesme pensée que moy touchant l'usage du pendule, cela est plutôt à mon avantage qu'autrement, parce que j'ay effectué ce dont il n'a pas sceu venir à bout et que n'aye pourtant eu de luy ni de personne au monde aucun indice ny acheminement à cette invention. Si jamais on trouve le contraire, que l'on me tienne pour plagiaire, larron et tout ce qu'on voudra » (22 janvier 1660).

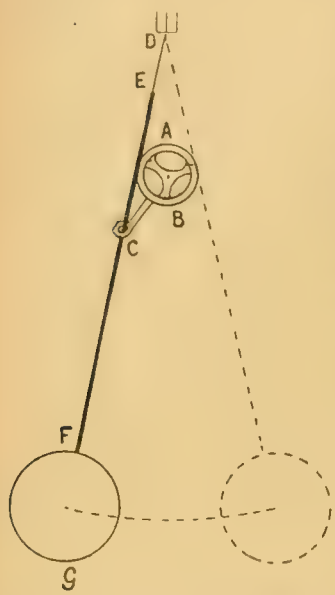


Fig. 3. — *La première disposition du pendule de Huyghens.* [Lettre à Chapelain, du 28 mars 1658]. — AB, balancier circulaire des anciennes horloges conservé et muni du bras C formant fourchette; DE, suspension flexible; EF, verge rigide; G, lentille.

Ce que dit Huyghens est fort juste et il suffit de comparer les deux croquis de son horloge et du mécanisme de Galilée pour se rendre compte qu'il y avait entre les deux réalisations la différence d'une machine qui marche à une machine qui ne peut marcher [1].

Le mode de suspension employé par Galilée, et critiqué à juste titre par Huyghens, n'avait d'ailleurs pas le mérite de l'originalité. On le retrouve, en effet, dans l'un des dessins des cahiers de Léonard de Vinci, reproduit ici à titre de comparaison (fig. 5). Et on peut, sans crainte de se tromper, affirmer que le pendule de Léonard, ajusté sur une roue de rencontre fortement nombrée, devait — s'il eut été réalisé par son génial inventeur — marcher mieux que celui de Galilée.

A propos de cette ressemblance, il est curieux de noter que Galilée peut fort bien s'être inspiré du dessin de Léonard. Pour cela, il suffit de rapprocher certaines dates.

Il est certain que, quand Galilée fit ses offres de service aux Etats généraux hollandais, en vue de la détermination des longitudes en mer, en 1636, il n'avait pas l'idée de son horloge. En effet, dans la lettre qu'il écrivit l'année d'après, le 6 juin 1637, à Laurens Reael, vice-amiral gouverneur des Indes Orientales et président de la

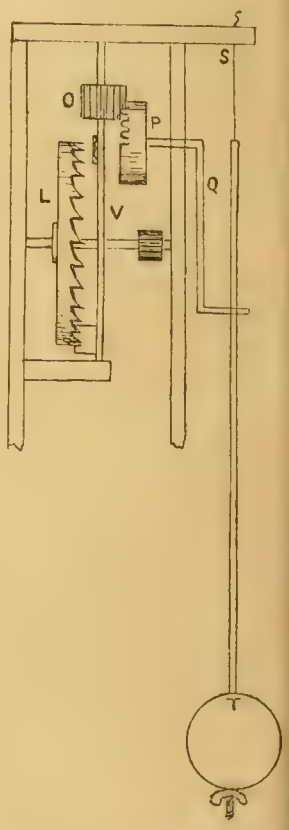


Fig. 4. — *Disposition du pendule dans la brochure: Horologium* (1658). — T, lentille; S, suspension flexible; Q, fourchette; L, roue de rencontre; V, verge à palettes portant un pignon agissant alternativement à droite et à gauche sur le secteur denté de champ qui porte la fourchette.

1. Le pendule de Galilée est représenté schématiquement par la figure 1. Le premier type de Huyghens est représenté par la figure 3. Il n'avait pas de courbes cycloïdales pour assurer l'isochronisme. On voit que l'axe qui porte le pendule galiléen est muni de deux leviers. L'un, D, est chargé, à chaque oscillation, de soulever la pièce d'arrêt de la roue d'échappement à chevilles, tandis que l'autre, R, agit sur les chevilles même. Ce pendule est donc aussi peu libre que possible. Si on le compare à celui de Léonard de Vinci, représenté dans la figure 5, on voit qu'il en est une simple modification, modification que nous pouvons même qualifier de malheureuse, la roue de rencontre employée par Léonard étant beaucoup plus simple que le système de détente de Galilée. On remarquera à cette occasion que le pendule régulateur de Léonard n'est pas du tout le même que le faux pendule, ou simili pendule de la figure 6, que l'on trouve dans quelques horloges du seizième siècle. Le faux pendule du seizième siècle procède du balancier circulaire pour roue de rencontre indiqué en AB (fig. 3). Pour gagner de la place, on n'a laissé subsister qu'un des bras du balancier qu'on a légèrement chargé à son extrémité pour assurer la stabilité du système. Ce faux pendule ne constituait certainement pas un progrès sur le balancier circulaire ni même sur le foliot primitif. C'est probablement un faux pendule de ce genre que Carcavy avait signalé à Huyghens comme étant en possession de M. de Boismorand, à Angoulême, et ayant été construit vers 1614.

Parmi ceux qui ont attaqué le plus vivement Huyghens, on ne peut manquer de citer Boquillon qui, dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers* de 1862, s'est fait le champion de Galilée. Boquillon avait même fait construire, par l'horloger Jean Wagner, une restitution de cette horloge en se basant sur le texte du mémoire de Viviani. Cette restitution, qui figura à l'Exposition de 1855, est encore au Conservatoire. Elle fit l'objet d'une discussion assez aigre entre l'écrivain et l'horloger, qui prétendaient chacun à la plus grosse part de son mérite, d'ailleurs assez mince.

Commission chargée de l'examen de ses propositions, il est simplement question d'un compteur de temps, *misuratore de tempo*, avec lentille lourde en forme de secteur de cercle, portant à

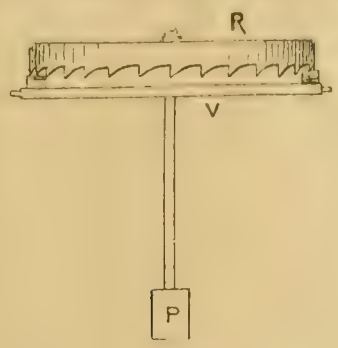


Fig. 5. — *Pendule de Léonard de Vinci.* [Manuscrit H, f° 110, fin du xve siècle]. — R, roue de rencontre ; V, verge à palettes ; P, lentille.

sa partie inférieure une petite pointe, *piccolissimo e sottilissimo stiletto*, chargée de faire avancer d'une dent à chaque oscillation une roue fort légère, *una ruota leggerissima*. Cette roue en

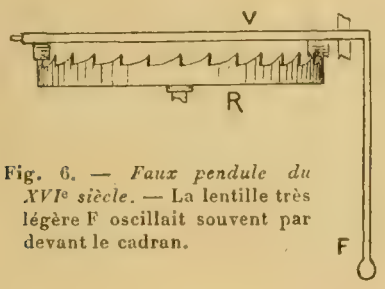


Fig. 6. — *Faux pendule du XVIe siècle.* — La lentille très légère F oscillait souvent par devant le cadran.

actionnant elle-même une autre, Galilée réalisait ainsi un compteur, mais non pas une horloge, car il fallait dans son système entretenir à la main le mouvement du pendule lourd en le relançant de temps à autre. Du reste, l'illustre

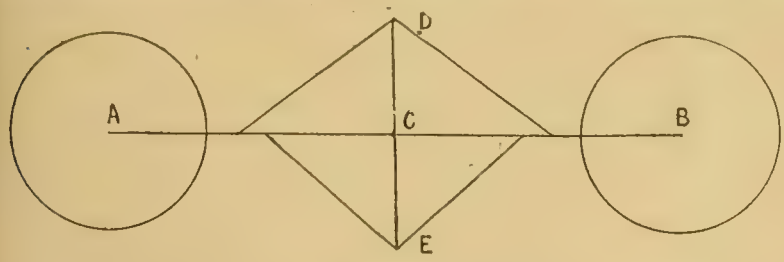


Fig. 7. — *Idée de pendule par Roberval.*
Le système en forme de balance aurait oscillé en C. [1643. Communiqué par Chapelain à Huyghens le 10 mai 1658].

physicien déclare formellement que son appareil a pour but essentiel d'éviter l'ennui de compter les vibrations.

Or c'est précisément à cette date de 1637 que les manuscrits de Léonard entrèrent à la Bibliothèque ambroisienne de Milan, don somptueux de Galeas Arconati, qui d'ailleurs, avant cette donation, ne faisait pas de difficulté de montrer aux savants son trésor. Je sais bien qu'à cette époque Galilée venait d'être frappé de cécité, mais il avait autour de lui ses disciples, Viviani, Torricelli, son fils Vincent, dont les yeux étaient bons.

Quoi qu'il en soit, d'ailleurs, une preuve singulièrement concluante du peu de succès du système d'horloge de Galilée réside dans ce fait que les Médicis, ayant à restaurer la vieille horloge de leur palais, eurent recours à un pendule qui ne ressemble en rien à celui de Galilée, sans d'ailleurs valoir beaucoup mieux. Le dessin de ce pendule et de son échappement a été également adressé par Boulliaud à Huyghens. On en trouvera ici un croquis (fig. 2). La lentille est extrêmement légère, faite de grandes oscillations et l'échappement est à roue de rencontre. Le pendule léger à larges oscillations ne pouvait réaliser l'isochronisme.

Fig. 8. — *Premier croquis des arcs cycloïdaux.* [Lettre du 6 décembre 1659, écrite par Huyghens à Van Schoeten].

Huyghens le savait bien. Il l'a fait remarquer à Boulliaud en le remerciant le 12 février 1660. Dès cette époque, l'illustre hollandais était en possession du moyen de rendre égales les oscillations pendulaires, quelle qu'en fût l'amplitude, au moyen de deux arcs cycloïdaux accolés au point de suspension du pendule.

III

La seconde invention capitale d'Huyghens en horlogerie réside dans l'emploi du spiral comme organe régulateur du mouvement des montres de poche.

C'est à la Noël de 1656 qu'a été réalisée la première horloge à pendule de Huyghens. Cela résulte avec précision de ses notes de carnet et d'une lettre à Boulliaud, du 26 décembre 1657. Dans

cette lettre, Huyghens écrit en propres termes : *Il y eust hier un an justement que je fis le premier modèle de cette sorte d'horologes.*

La première application des arcs cycloïdaux remonte à la fin de 1659. Huyghens en communique la nouvelle à son ancien maître Fr. Van Schoeten le 6 décembre de cette année : *Occupatum me habet novum inventum quod HISCE DIEBUS excogitavi ad horologium meum exactius etiamnum efficiendum quam fuit hactenus.* Cette invention, qu'il estime la plus heureuse de celles qu'il ait encore faites (*omnium felicissima*), lui permettra d'assurer que toutes les vibrations pendulaires seront désormais ἰσόχρονοι.

C'est au commencement de l'année 1675 qu'il établit sa première montre munie d'un ressort spiral qu'il appelle *ressort équilibre*

Il en fait part à son ami Oldenbourg, secrétaire de la Société Royale de Londres, et éditeur des *Transactions philosophiques*, dans une lettre du 30 janvier de cette année sous forme d'un anagramme : *aaaa b ccc eeeee fff iiiiiii lll m nn ooo rrrr sss tt uuuu xx* dont voici la traduction : *Axis circuli mobilis affixus in centro volutæ ferreae.*

On sait que l'emploi des anagrammes était alors extrêmement répandu. C'est du reste sous cette forme que Huyghens avait fait d'abord part au public savant de ses découvertes sur le système de Saturne. Cet emploi a donné lieu quelquefois à de plaisantes histoires. C'est ainsi que Wallis put faire croire à Huyghens pendant deux ans qu'il l'avait devancé dans la découverte du premier satellite de Saturne. Le savant hollandais avait communiqué à son confrère anglais l'énigme relative à la durée de révolution du satellite. Wallis, par retour du courrier, répondit en lui en adressant une autre beaucoup plus compliquée dans laquelle il s'était arrangé pour loger toutes les lettres de celle de Huyghens. De sorte que, en 1656, quand Huyghens transmit à Wallis sa traduction, celui-ci n'eut aucune difficulté à l'introduire dans la sienne! Toutefois Huyghens eut des soupçons qui se transformèrent en certitude un peu plus tard, après les révélations de Robert Moray. Wallis d'ailleurs ne fit pas de difficulté d'avouer la supercherie... quand il la vit dévoilée !

Dans une note de 1676, Huyghens a fixé pour l'histoire les dates relatives à l'invention du spiral. Cette note fut écrite à la suite de sa brouille avec son horloger Thuret — qui était aussi horloger de l'Observatoire — situation pour laquelle il était appointé à 600 livres par an.

Huyghens s'était rendu chez Thuret le mardi 22 janvier 1675 pour lui faire ajuster un spiral sur une montre. Il demeura chez l'artiste jusqu'à 3 heures, se passant même de déjeuner pour ne pas lui laisser perdre de temps. Le lendemain, il annonçait son invention à l'Académie et le 31 la soumettait à Colbert en lui demandant un privilège.

Or le 1er février il apprenait que Thuret cherchait à se faire passer pour l'inventeur. D'où grande colère et rupture.

Le 15 février Colbert accorde le privilège à Huyghens, et le 25 Thuret finit par faire des excuses écrites en déclarant qu'il n'est pour rien dans la découverte.

Il semblait dès lors que tout dût bien aller. Cependant Huyghens ne put jouir de son privilège. Il en fut empêché par l'intervention de l'abbé de Hautefeuille qui, se prétendant de son côté père de l'invention, s'opposa à l'enregistrement du privilège par le Parlement. L'affaire traîna en longueur. Huyghens tomba gravement malade, fut obligé d'aller faire en Hollande un long séjour pour se guérir à l'air du pays natal, et abandonna finalement ses droits.

Il est d'ailleurs fort probable que, même sans l'opposition de Hautefeuille, son privilège fût resté lettre morte. Il se fût heurté à la mauvaise volonté des horlogers qui n'eussent point voulu admettre en horlogerie une invention ne sortant pas de la corporation. Ce sont les droits des horlogers et la crainte de leur réclamation qui avaient fait refuser en 1658, par le chancelier Séguier, le brevet demandé alors au nom de Huyghens par Ismaël Boulliaud, pour le pendule. Cent ans plus tard, nous verrons de même le privilège de Rivaz échouer au Parlement contre les efforts des horlogers, appuyés cette fois par Pierre Le Roy, le rival éminent de Berthoud.

L'abbé de Hautefeuille a exposé ses prétentions dans un *Factum* fort vif, mais fort peu probant. Il avait fait, un peu avant la communication de Huyghens à l'Académie, une montre dans laquelle le réglage devait s'obtenir par les allongements et raccourcissements d'un ressort à boudin chargé d'un poids. Le dessin qu'il a donné de cette invention montre seulement que le système était aussi peu pratique que possible. Hautefeuille appuyait sa figure d'un argument qui n'avait guère plus de valeur. D'après lui, le véritable inventeur était celui qui avait le premier employé — ou essayé d'employer — un ressort au réglage, quelle que fut d'ailleurs la forme de ce ressort.

D'après cette théorie, il se condamnait lui-même, car bien avant lui on avait eu recours à des ressorts de formes diverses et son propre

système n'était autre que celui de l'ingénieur d'Alesme[1] !

Une revendication beaucoup plus sérieuse que celle de Hautefeuille fut formulée par le célèbre Dr Hooke, curateur de la Société Royale où il était le collègue de Huyghens. Esprit extrêmement ingénieux, mais caractère irascible, Hooke, que son titre faisait en quelque sorte l'expérimentateur officiel, le pourvoyeur d'inventions de la Société, assurait avoir des quantités de manières d'utiliser le ressort au réglage des montres. Cela, Huyghens le savait, comme il connaissait les essais de d'Esson et d'autres par ses amis de Londres. Mais ce qui est certain, c'est que les choses se passèrent comme pour le pendule. Toutes les tentatives faites avant lui échouèrent et la sienne réussit. Pour une invention, c'est une qualité, il faut en convenir, assez importante !

Donc, malgré que Hooke ait fait exécuter aussitôt après la communication de Huyghens par Tompion, le père de l'horlogerie anglaise, une montre sur laquelle il prit soin de faire graver *Hooke Inv. 1658*, le savant hollandais conserve tous ses droits[2].

La querelle de Hooke fut fort vive. Le curateur de la Société Royale alla jusqu'à accuser le secrétaire Oldenbourg d'avoir communiqué à Huyghens ses idées secrètes. Oldenbourg riposta avec vivacité et Hooke fut obligé de lui faire des excuses officielles.

IV

De ces deux inventions capitales, c'est celle du pendule qui intéressa toujours le plus Huyghens.

C'était sur elle qu'il fondait essentiellement son espoir de solutionner le problème des longitudes. On peut dire que toute sa vie il chercha à la perfectionner par des inventions accessoires, souvent heureuses.

Je ne parle pas de l'application d'arcs cyloïdaux. L'emploi d'échappements, permettant comme celui de Clément, et surtout celui de Graham, de très faibles amplitudes d'oscillations, les rendirent inutiles. Mais c'est à Huyghens que nous devons le *curseur mobile* (fig. 9) sur la tige du pendule pour assurer le réglage complémentaire. C'est également à lui que nous devons l'emploi de la *corde sans fin*, disposition grâce à laquelle les poids agissent pendant le remontage. Nous lui devons aussi le premier *remontoir d'égalité*, système qui permet de faire entretenir la marche du pendule par un poids très léger remonté seulement à intervalles plus ou moins rapprochés par le grand poids moteur[1].

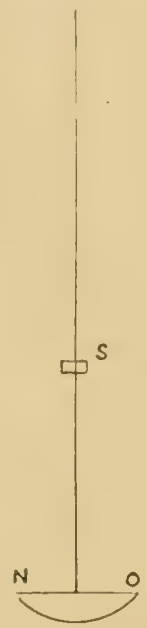


Fig. 9. — *Figure du curseur* [envoyée au chanoine Estienne, de Chartres, en 1668].

Je ne serais pas surpris que nous ne lui devions même la *minuterie*. Il en donne deux formules en 1668 et 1669 au chanoine Estienne, de Chartres, et lui explique d'une façon détaillée le fonctionnement de ce système que son correspondant ne connaissait pas encore[2].

Il résout encore le problème du *pendule conique*, auquel Hooke s'était vainement attelé et qui permet de réaliser des horloges sans bruit et fonctionnant d'un mouvement continu[3].

1. Le système de Hautefeuille est compliqué et incapable d'isochronisme *a priori*. Celui de Huyghens a été consacré au contraire par l'expérience. La théorie de Hautefeuille sur le droit d'invention est simplement absurde. L'idée du ressort appliqué au réglage des montres remonte jusqu'à l'origine de ces pièces mécaniques. Les premières montres étaient munies d'un foliot dont la course était limitée par *une soie de porc flexible*. Or qu'est-ce qu'une soie de porc flexible, sinon un ressort ? Du reste, parmi les antériorités qu'on aurait pu facilement opposer à la prétention de Hautefeuille, Huyghens pouvait citer celle de l'illustre Pascal et du duc de Roanez son ami, dont il avait eu connaissance dès 1660, ainsi qu'il l'écrit à Moray, en 1665. Pascal, en effet, n'avait pas dédaigné de s'occuper de cette question.

2. La correspondance de Huyghens témoigne qu'il connaissait depuis longtemps les tentatives de Hooke pour employer le ressort au réglage des montres. Hooke avait même confié à quelques amis un certain nombre de ses idées sur ce sujet. Toutefois, la meilleure preuve qu'il n'obtint jamais de bons résultats, c'est qu'il renonça bien avant 1675 à en tirer le parti financier qu'il avait d'abord espéré. D'ailleurs, il ne publia jamais rien à leur sujet.

1. Le curseur est indiqué dans un croquis adressé au chanoine Estienne de Chartres en 1668. Dans la lettre où il le donne, Huyghens explique aussi à son correspondant la manière de calculer le *centre d'agitation* du pendule. La corde sans fin est figurée dans une lettre à Chapelain, du 28 mars 1658. Quant au remontoir d'égalité, il en est question dans une lettre à Moray, du 29 août 1664. Son invention remonte peut-être à 1660. On sait qu'elle fut faite à peu près en même temps par Leibnitz.

2. Il y a déjà deux aiguilles concentriques indiquées par les lettres Λ et Σ, dans la figure de l'*Horologium* (1658), qui montre également la seconde disposition adoptée par Huyghens pour la liaison du pendule à l'échappement (fig. 4), mais ces deux aiguilles ne constituent pas une minuterie. L'une indique les *heures*, l'autre les *secondes*. Elles sont mues par 2 axes différents du mécanisme.

3. L'histoire de la Société Royale de Londres mentionne les tentatives faites par Hooke pour faire fonctionner un pendule conique et en prouver l'isochronisme, au commencement de 1667. L'arrêt brusque de ces essais montre que Hooke ne réussit pas. C'est la différence qui le sépare de Huyghens, qui réussit à la fin de cette même année.

Toute cette œuvre horlogère est enfin couronnée par ce chef-d'œuvre qu'est l'*Horologium oscillatorium*, où brille le génie pénétrant du géomètre et de l'analyste.

Chose qui peut paraître singulière, mais qu'on s'explique lorsqu'on est au courant de la manière dont se distribue l'enseignement professionnel, c'est à peine si le nom de Huyghens est connu des horlogers.

Quant à son grand ouvrage, il est généralement insoupçonné.

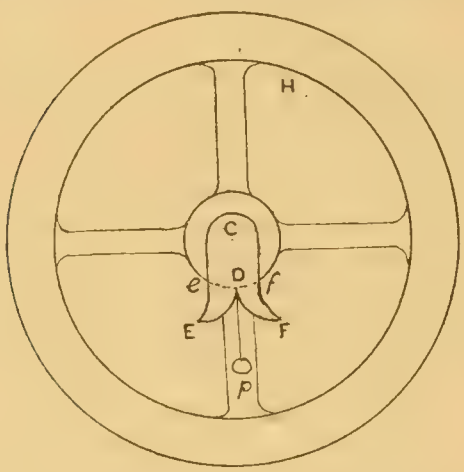
V

La première tentative d'emploi de l'horloge à pendule en mer fut faite par Alexandre Bruce, comte de Kinkardine, ami de Huyghens. Elle eut lieu au cours d'un voyage du commandant anglais Holmes à la côte de Guinée, en 1664. Les conclusions du rapport de Holmes furent communiquées par Moray à Huyghens le 23 janvier 1665. Elles étaient très encourageantes. Non seulement les horloges ne s'étaient pas arrêtées, mais elles avaient même permis à Holmes de trouver l'île Fuego. En France il fut fait en 1667 un essai de deux horloges dans un voyage à Madagascar. Un autre eut lieu sous la direction du duc de Beaufort, en 1669, entre Toulon et la Crète.

En 1685, Huygens s'embarqua lui-même sur le Zuyderzee avec deux horloges perfectionnées. Bien que l'une d'elles se fût arrêtée plusieurs fois, le savant revint plein d'espoir. Il avait acquis la certitude du succès. Il avait subi une tempête tellement violente que, au témoignage de son pilote, « dans les grands vaisseaux il n'y aurait jamais si forte agitation à essuier ».

En 1687, Huyghens eut le regret de constater qu'au cours de l'expédition du Cap, tout en continuant de marcher sans arrêt, ses machines n'avaient pas donné « la justesse qu'il avait espérée ».

Il s'occupa dès lors d'y apporter des modifications. Les croquis 10 et 11 montrent les deux dernières de ces modifications, d'après les notes de Huyghens. Celui de la figure 11 date du 15 avril 1694. Le 16 juin de cette année, il écrit au marquis de l'Hospital à propos de ce système : « J'ay fait construire l'horloge de ma nouvelle invention qui succède très bien, en sorte que je prétends maintenant pouvoir porter sur mer des horloges aussi justes que le sont les pendules de trois pieds dont on se sert à l'Observatoire[1] ».



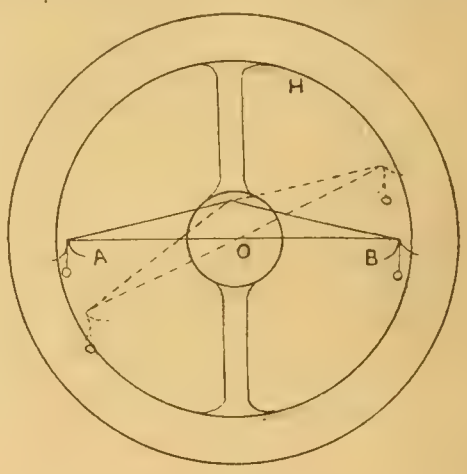


Fig. 10 et 11. — *Le « Balancier marin parfait », d'après Huyghens* (1693 et 1694).
En 10, pendule unique dont le fil s'applique alternativement sur les deux branches de la courbe EDF.
En 11, deux petits pendules reportés près de la périphérie du balancier H.

Le landgrave de Hesse, prince ami des sciences, ayant entendu parler de cette nouvelle invention, souhaita d'avoir une horloge de ce type. Il la fit demander à Huyghens par Rosen. Mais Huyghens s'excusa de ne pouvoir accéder au désir du landgrave en ce moment. Il comptait présenter son horloge aux Directeurs de la Compagnie des Indes, « dans l'espérance d'en être récompensé », et il craignait les plagiaires qui l'avaient frustré du résultat légitimement espéré de ses inventions précédentes. D'ailleurs, il se proposait d'écrire la description du nouveau système en démontrant « tout ce qui le regarde ».

Le 4 mars suivant cette description n'était point encore faite, et le 8 juillet Huyghens était mort.

1. L'esprit essentiellement géométrique d'Huyghens apparaît encore dans ces dernières conceptions de son génie. Ici la courbe isochrone est la développante du cercle *eDf* (fig. 10). Dans le pendule conique, c'était une parabole. Dans le pendule ordinaire, une cycloïde.

Il y avait quarante ans qu'il travaillait au progrès de la mesure du temps.

C'est le spiral, en qui il avait manqué de confiance, qui devait, avec Harrison, résoudre le problème devant lequel le pendule s'était montré impuissant.

VI

Huyghens figura parmi les premiers pensionnés de Louis XIV. C'est Chapelain qui l'avait proposé à Colbert. Et les 1.200 livres qui lui furent attribuées en 1663 figurent aux Comptes des Batimens du Roi, avec la mention : « *au sieur Huyghens, hollandois, grand mathématicien, inventeur de l'horloge de la pendulle* » ! Il résulte de cette indication que la qualité d'inventeur horloger figurait au nombre de celles qui avaient retenu l'attention du grand ministre de Louis XIV. C'est au moins d'octobre que Huyghens reçut le « *présent* » de Sa Majesté. On n'avait pu le lui remettre plus tôt, parce qu'il avait quitté Paris en juin sans faire de visites officielles d'adieu ni donner avis de son départ.

En 1665, le présent fut porté à 1.500 livres. Et lorsque Huyghens eut accepté les propositions de Colbert pour s'établir à Paris, il fut gratifié d'une pension régulière de 6.000 livres, avec logement à la Bibliothèque du Roi, rue Vivienne, et plus tard un autre appartement à l'Observatoire.

La pension de 6.000 livres témoignait de la haute estime qu'on avait pour Huyghens à Paris. Pour en apprécier la valeur, il suffit de la comparer aux appointements d'un professeur d'Université à cette époque. Jean Bernouilli, qui, sur la proposition de Huyghens et sa recommandation, avait été nommé titulaire d'une chaire à Groningue, n'avait comme traitement que 1.200 florins, soit 1.440 livres.

Huyghens demeura officiellement en France jusqu'en 1681 et y joua certainement le premier rôle parmi les académiciens de la première Académie des Sciences, celle d'avant le règlement.

Ses biographes racontent qu'il quitta Paris en manière de protestation contre les persécutions religieuses exercées par le monde officiel contre les protestants après la mort de Colbert et qui aboutirent à la révocation de l'Edit de Nantes. La correspondance de l'illustre savant témoigne que les considérations religieuses n'eurent que peu d'importance en cette affaire.

Rentré en Hollande pour se guérir, comme il l'avait déjà fait une fois à la suite de la première atteinte d'une maladie grave — celle qui l'emporta en 1695 — Huyghens, s'il fut un moment indécis, n'avait nullement renoncé à revenir en France. La preuve s'en trouve dans ses lettres. La perte de sa pension de 6.000 livres ne le laissait pas tout à fait indifférent et il demanda plusieurs fois, soit directement soit indirectement, des instructions à Colbert d'abord, à Louvois ensuite. Louvois lui fit dire qu'il pouvait *reprendre ses hardes* en 1685. Et c'est ainsi que furent rompues les relations entre le grand géomètre et ses anciens protecteurs [1].

La situation pécuniaire de Christiaan était loin d'être aussi brillante qu'on s'est plu à le dire.

Cela résulte avec évidence de la Correspondance publiée.

A la mort de son père, qui survint en 1687, seulement 8 ans avant la sienne, Huyghens hérita la belle maison d'Hofwijk et environ 28.000 florins, qui représentaient à peu près 35.000 fr. C'était peu pour mener le train de vie qui lui était habituel. Aussi le voyons-nous en 1689 essayer de faire agir son frère Constantyn auprès du roi d'Angleterre, afin d'obtenir une place de régisseur laissée vacante par la mort du titulaire Petcum, et dont les appointements ne dépassaient pas 1.500 florins, soit 1.800 fr. Il écrit alors : « Je n'ambitionnerais point de charge comme celle-là si ce n'estoit que je vois qu'*il m'est impossible de subsister honnestement avec ce peu de biens que j'ay* dans ce temps d'exactions dont on ne voit pas la fin. Au reste, ajoute-t-il, cet employ est honorable et assez aisé, qui ne m'obligeroit pas de renoncer à mes autres estudes et je crois qu'on ne doubtera pas si je suis capable de m'en acquitter. »

Constantyn fit la démarche sans grand enthousiasme, à ce qu'il parait. Quant à Sa Majesté, elle répondit fort habilement à son secrétaire qu'elle « *croyait que Huyghens avait des idées plus hautes que de s'attarder avec des administrateurs, pour examiner des contes de receveurs et autres choses semblables* ».

Il faut croire qu'en effet Huyghens était assez gêné, puisque nous le voyons accepter quelques jours après l'offre de son frère Louis de lui prêter 2.000 livres. Il demande même que ce soit à 3 pour cent seulement.

Dans ces conditions, on comprendrait difficilement que Huyghens ait renoncé de gaîté de cœur à la pension de 6.000 livres du Grand Roi, et cela pour des raisons sentimentales, patriotiques ou religieuses. Il ne faut pas oublier, en effet, qu'il

1. On a fait le compte des sommes exactement touchées par Huyghens à titre de pension ou de présents. Il se totalise par 68.200 francs. Il faut remarquer qu'en principe il n'était pas payé quand il était absent. Par exemple, il reçut seulement 3.000 livres en 1676 et rien en 1677.

ne fit aucune difficulté de demeurer à Paris, alors que la Hollande était en guerre avec la France, et que ses opinions religieuses étaient purement négatives, puisqu'il refusa obstinément à sa mort de recevoir les consolations du pasteur que ses parents lui avaient imposé d'office.

Tout cela ne porte d'ailleurs aucune atteinte au mérite éminent du *père de la chronométrie française*. Cela prouve seulement qu'il n'avait pas tiré grand bénéfice de ses inventions, et que Guillaume de Nassau ne se piquait pas beaucoup de protéger les savants de son pays !

VII

Si Huyghens est un des plus grands noms de l'histoire de l'horlogerie, il est loin d'en être le plus connu.

En France nous n'avons guère que Louis Moinet qui lui ait rendu un juste hommage dans cette corporation. Moinet était un artiste de valeur, fort instruit, et dont le *Traité d'Horlogerie*, publié en volume alors que l'auteur avait déjà 75 ans, dénote une science véritable et un sévère esprit critique. Ce Traité date malheureusement de près de trois quarts de siècle. C'est dans une des notes de son second volume que l'on peut lire une anecdote piquante relative au curseur de Huyghens.

Bréguet l'ancien, le grand Bréguet, fondateur de la célèbre dynastie horlogère, avait reçu de son ami De Prony — son confrère à l'Institut — commande d'un régulateur avec pendule à curseur. Bréguet ignorait Huyghens et ses travaux. Il fut tout surpris quand il s'aperçut que le curseur cessait d'opérer à une certaine hauteur sur la tige du pendule, puis réopérait de nouveau au-dessus de ce point critique. De Prony expliqua cette action dans la *Connaissance des temps* de 1817 et Bréguet crut pouvoir mettre au nombre des découvertes faites dans son atelier l'action du curseur. Il le fit jusqu'au jour où Moinet lui fit la fumisterie de lui envoyer la traduction du passage de l'*Horologium oscillatorium* où cette action est décrite et expliquée.

Cette petite anecdote prouve que l'histoire d'un métier n'est pas inutile aux artistes qui s'y livrent, même quand ils sont illustres.

Elle contribuera aussi à montrer que la Société des Sciences de Harlem et l'Académie des Sciences d'Amsterdam rendent par leur belle publication à la fois hommage à un des maîtres de la Géométrie et service à une corporation des plus intéressantes.

Léopold Reverchon

LES EFFETS D'UNE EXTRÊME SÉCHERESSE DANS L'AFRIQUE DU SUD

La région du Waterberg, qui forme la partie septentrionale du Transvaal, a été, au cours de ces dernières années, le théâtre d'une extrême sécheresse, qui a atteint son point culminant pendant l'été 1913-1914. Sur cette région très étendue, qui, comme l'indique son nom, était auparavant très arrosée, presque toutes les eaux superficielles ont disparu à la suite de l'absence des pluies habituelles. Les sources, les étangs, les rivières se sont complètement desséchés ; le grand fleuve Limpopo lui-même, dans toute la partie où il borde cette région, n'est plus qu'un lit à sec entre des dunes de sable, avec, de loin en loin, quelques mares d'eau croupissante.

Cette sécheresse accusée a produit sur la vie végétale et animale des effets remarquables, qui ont été notés par un grand fermier de la région, M. Eug. N. Marais, de Rietfontein[1]. Nous croyons intéressant de reproduire ici ses observations.

(NOTE DE LA RÉDACTION.)

1. *Agricultural Journal of the Union of South Africa.*

I

De bonne heure au printemps de 1913, on acquit la conviction qu'une grande quantité des touffes d'herbes tendres du veld (qui servent à la nourriture du bétail) étaient complètement mortes. Les racines les plus profondes, examinées au microscope, montraient un état de dessiccation qui excluait toute possibilité de vie. Cependant, de vieux fermiers ne croyaient pas qu'aucune sécheresse pût tuer des touffes d'herbes tant qu'elles restaient implantées dans le sol. Pour élucider la question, on essaya de provoquer la croissance de 200 touffes d'herbes tendres de diverses variétés en les arrosant et les ombrageant. Le résultat prouva que 92 % avaient péri. Le nombre moyen de graines ayant germé aux environs de ces touffes était de 3 ; mais, avant la fin de l'été, la plupart des jeunes plantes qui avaient poussé étaient brûlées par le soleil. En somme, une quantité considérable des herbes tendres des pâturages du veld a été détruite.

Les herbes « dures » plus grossières *(Aristidas)*

ont, par contre, échappé en grande partie à la destruction complète. Par leur mode de croissance, les touffes sont plus capables de résister à la sécheresse. La couverture fibreuse épaisse qui se trouve juste au-dessus du sol donne plus d'ombre aux racines et constitue un meilleur milieu absorbant que les tiges plus minces des herbes tendres. Il est probable que ces herbes dites « dures » sont des envahisseurs relativement récents provenant des déserts du Nord, où la sélection naturelle les a depuis longtemps rendues capables de résister à des conditions analogues. Les herbes tendres natives, incapables de s'adapter au changement brusque survenu dans les conditions météorologiques, sont celles qui perdent dans la lutte pour l'existence.

C'est sur les graines qu'on peut le mieux voir la haute spécialisation atteinte par les herbes dures dans la résistance à la sécheresse. Avec un corps en forme de torpille et une longue queue pointue, elles ressemblent tout à fait à un têtard. Sous un faible grossissement, on constate que le corps et la queue sont garnis d'une foule de poils durs et acérés dirigés vers l'arrière. L'extrémité de la torpille est une pointe très dure, effilée comme une aiguille, avec une couronne de pointes de harpon à sa base. La graine peut ainsi s'accrocher à la peau d'un animal, tout en étant facilement transportée par le vent. Mais ces qualités ont une valeur plus immédiate dans une autre direction.

Il n'est pas rare, dans les années normales, de rencontrer une masse de ces graines rassemblées par le vent. Ces graines sont pêle-mêle et sans ordre, comme un paquet d'épingles renversées. Si l'on projette un peu d'eau sur la masse, on sent passer immédiatement au travers un frémissement de vie qui s'éveille. On observe des mouvements dans toutes les directions : secousses spasmodiques, enroulements, retournements. Par ces mouvements, les graines se dégagent les unes des autres, et, lorsqu'elles y sont parvenues, chacune se livre à des mouvements indépendants. Au premier abord, ils paraissent tous erratiques et accidentels ; mais par une observation soigneuse on acquiert l'impression que tous ces mouvements sont ordonnés et tendent vers un but défini. Les premières torsions élèvent la tête de la graine au-dessus du sol en la dégageant de ses voisines. Une flexion de la queue, sur laquelle elle repose alors, tourne la pointe de la torpille vers la terre. Elle s'abaisse graduellement jusqu'à ce que la pointe d'aiguille et sa couronne de harpons soient enfoncées dans le sol humide par une pression lente et continue de la queue. Ce mouvement se poursuit jusqu'à ce que la graine entière soit enfoncée ; l'opération entière durant environ 15 minutes. Mais la protection principale contre la sécheresse et l'effet inefficace et souvent fatal de la rosée nocturne consiste en ceci : si le sol n'est mouillé que légèrement, la graine pénètre au-dessous de la ligne d'humidité et attend là, sans germer, mais bien plantée, qu'une pluie plus abondante permette le sûr développement de la future plantule. Cette pénétration est proportionnée à la longueur de la queue, et à la fin d'une saison d'extrême sécheresse on constate que les graines aux queues les plus longues ont donné naissance à plus de semis que celles à queues relativement courtes.

Les graines des herbes tendres sont dépourvues de tous ces avantages. Les touffes meurent et les graines germent à la première petite averse, pour mourir le jour suivant au soleil brûlant. Ainsi, d'année en année, les fameux pâturages du Waterberg diminuent et deviennent de plus en plus mêlés d'herbes dures, en perdant leur valeur pour l'alimentation du bétail. L'homme lui-même entre en lutte contre les espèces désavantagées, et par les feux de brousse annuels assiste et complète l'œuvre de la sélection naturelle.

Les pygmées du veld n'ont pas été les seuls à souffrir de la sécheresse. Les géants, malgré leur résistance et leur âge, n'ont pas échappé à son action. Les grands arbres sont sans feuilles et sans sève. En certains endroit, 50 % des arbres sont complètement morts, aliments pour le prochain feu de brousse. Parmi ces arbres, beaucoup étaient âgés d'au moins trois siècles.

Même les plantes qui conservent le mieux l'eau n'ont pu survivre à ce déploiement terrifiant de sécheresse et de chaleur. Dans le veld moyen, le petit aloes, commun sur nos collines méridionales, croît luxurieusement sur le plateau, principalement à l'ombre des buissons épais. Là où cet ombrage a fait quelque peu défaut, ces plantes ont commencé à laisser tomber leurs feuilles et, avant le milieu de l'été, elles étaient tout à fait mortes. Les stapelias, leurs sœurs étranges du désert, sont aussi très nombreuses ici. Dans les conditions normales, elles semblent fuir toute humidité en croissant sur des rocs dénudés, où elles rassemblent un maigre sol autour de leurs racines. Les stapelias elles-mêmes pendent flaccides sur leurs rochers et la moitié des plantes examinées semblaient mortes.

Par contre, j'ai été surpris de trouver dans un grand *Hypoxis* une des plantes résistant le mieux à la sécheresse. Non seulement, il présenta une

belle croissance de frondes, mais encore, aux endroits ombragés, quelques fleurs étiolées apparurent. Cette plante possède un bulbe de dimensions moyennes, moins grand, comparé à sa taille au-dessus du sol, que des centaines d'autres qui périrent. Mais ce bulbe est enveloppé dans plusieurs couches de balle sèche parfaitement imperméable et il est rempli d'un liquide sirupeux orange. Ce qu'il y a d'intéressant, c'est qu'il était recherché et dévoré avidement par toutes les espèces d'animaux, de préférence aux autres végétaux disponibles.

II

Les effets de la sécheresse sur le monde animal ne furent pas moins remarquables. Les animaux susceptibles de s'échapper s'enfuirent de bonne heure de la zone frappée, l'homme le premier. Tout le veld moyen est sans habitant. Au milieu du jour, il offre l'image de la mort et de la désolation. Pas un chant d'oiseau, pas un bruit d'insecte. Quand un souffle d'air passe, il vient du Kalahari, brûlant comme celui d'un four. Dans la partie la moins chaude, la température n'est pas descendue au-dessous de 38° C.

Cette chaleur terrible et l'absence de toute humidité dans l'atmosphère ont quelques singuliers effets sur le corps humain. Les cheveux sont si électrisés qu'il suffit de les frotter légèrement avec la main pour en tirer une pluie pétillante d'étincelles. Les ongles des doigts deviennent si cassants qu'ils se brisent constamment sur la chair. Les cheveux et les ongles semblent avoir perdu tout pouvoir de croissance. La queue des animaux battant leur flanc crépitait sans arrêt et se présentait en touffes échevelées, chaque poil apparemment enroulé.

Le gros gibier avait presque entièrement disparu. Les grands troupeaux de bêtes sauvages qui fréquentent les rivières au commencement de la saison avaient descendu le Limpopo jusqu'aux grands étangs et vers la Rhodésie.

Les changements d'habitudes imposés aux animaux par le changement du milieu sont parfois très remarquables. La première chose que j'ai notée, c'est que les fourmiliers, affamés, se promenaient en plein jour sans effroi. Cet infortuné édenté, l'un des mammifères les plus spécialisés au point de vue de la nourriture, semblait dans le plus extrême embarras. La raison qui forçait l'un des animaux les plus nocturnes et les plus timides à abandonner une habitude aussi invétérée était très apparente. Les termites, dont il se nourrit exclusivement, ne vivent que dans les terrains durs. Mais le sol infesté de termites était devenu comme une roche, et quoique le fourmilier possède l'une des plus parfaites perforatrices, les heures d'obscurité ne lui suffisaient pas pour atteindre les nids, et il était obligé de continuer son travail de jour.

Pour la même raison majeure — la faim — la plupart des bêtes fauves nocturnes chassaient le jour aussi bien que la nuit.

Une énigme au premier moment insoluble fut de savoir où avaient disparu les crocodiles. Les quelques marais stagnants du Limpopo, il est vrai, en fourmillaient ; mais leur nombre était tout à fait hors de proportion avec celui des animaux qui, dans les saisons pluvieuses, rendent dangereux tous les « pools » des rivières Magalakwen, Palala, Gaul et du Crocodile. Une solution possible me fut donnée en perçant un trou dans le sable pour chercher de l'eau vers le milieu du cours du Magalakwen. A 1,5 m. au-dessous de la surface, je tombai sur un petit crocodile d'un mètre de longueur, mort apparemment. Il était juste au-dessus du niveau du sable humide. Quoique paraissant dépourvu de vie, son corps était tout à fait mou et frais. Je trouvai aussi un certain nombre de petits poissons désignés par les Boers du veld sous le nom de *makriel;* ce sont les représentants septentrionaux des barbeaux du Sud. Eux aussi semblaient dépourvus de vie. Je les plaçai dans un baquet d'eau au soleil et j'aérai l'eau en la versant plusieurs fois d'une grande hauteur. Au bout de dix minutes, ils commencèrent à donner signe de vie et après un quart d'heure ils nageaient dans le baquet comme s'ils n'avaient pas souffert de leur long sommeil. Le crocodile reprit vie au bout d'une demi-heure après avoir été placé dans un trou pratiqué dans le sable à l'ombre d'un arbre et avoir été arrosé de quelques baquets d'eau. Au moment où il s'éveilla à la vie, quelque instinct étrange sembla le pousser à s'enfouir de nouveau dans le sable.

A en juger d'après les pistes et l'observation directe, la plupart des animaux qui subsistaient dans ce désert morne avaient appris à creuser des trous pour la recherche de l'eau dans le lit des rivières. Les meilleurs puisatiers étaient les babouins et les phacochères : chaque troupeau de phacochères était suivi tout le jour d'un cortège régulier d'autres animaux, sans doute pour utiliser leurs puits quand la soif poussait les phacochères à creuser dans le lit des rivières.

Au maximum de la sécheresse, j'ai observé une chose presque inexplicable dans certaines parties des Springbok Flats : les fourmis blanches ordinaires (non ailées) sortaient en grand nombre de leurs trous vers le milieu du jour et, elles se pelotonnaient au soleil en une masse bien serrée

jusqu'à la fin de la journée. Près d'elles, le sol était si chaud que la main nue ne pouvait en supporter le contact plus de 2 à 3 secondes. Un thermomètre placé au voisinage dépassa 60° en quelques minutes. Ce terrible bain de soleil ne semblait pas affecter leurs corps étiolés. Le soir elles rentraient dans leurs demeures souterraines.

Le seul animal qui ne paraît pas avoir souffert de la sécheresse, bien qu'il ait été obligé aussi à un changement d'habitudes, est le terrible *Canis pictus*. Dans le veld moyen, en temps ordinaire, il ne chasse guère que de grand matin. Par suite de la chaleur, il se mit à chasser de nuit, et je fus souvent éveillé en sursaut par ses cris. Des troupes de ces chiens capturèrent et dévorèrent des brebis, un âne étalon et même une autruche mâle tout près de notre camp. D'après l'attitude menaçante de ceux que j'ai rencontrés pendant le jour, je n'ai aucun doute qu'ils n'eussent attaqué un être humain à la moindre indication de peur ou de retraite.

L'aigle de mer hurleur, à tête blanche, bien connu des habitants de la côte orientale d'Afrique, a toujours été un visiteur rare au Waterberg au commencement de l'été. La raison de ce voyage à l'intérieur est le desséchement sur la côte des cours d'eau où il trouve une nourriture abondante. Il remonte alors le cours des rivières aussi longtemps qu'il peut rencontrer du poisson. J'ai observé un grand nombre de ces oiseaux sur le Magalakwen ; ils avaient été sans doute pris comme dans une souricière par le desséchement des cours d'eau derrière eux. Dans le veld, ils étaient devenus de simples vautours, se querellant sur les fragments de charognes abandonnés par les chiens sauvages et ramassant le poisson pourri le long des rivières desséchées.

III

En présence de ces scènes de mort et de désolation, il est difficile de cultiver un esprit d'optimisme. Il semble impossible qu'il retombe jamais assez d'eau pour mouiller ou même pour refroidir cette terre desséchée et craquelée et pour remplir ces fossés de sable brûlant. L'optimisme suggère que c'est seulement un exemple de la grande oscillation périodique de la Nature : nous serions au point le plus bas du reflux, et de là la marée remontera d'une façon continue pour préparer un avenir meilleur. Mais au fond de l'esprit reste cette conviction pessimiste, apparemment supportée par les faits observés, que les oscillations du pendule diminuent graduellement autour du point mort.

Eug. N. Marais

REVUE DE CHIMIE ORGANIQUE

I. — Les matières premières pour la fabrication des explosifs

Une revue de Chimie organique ne saurait, à l'heure actuelle, passer sous silence les progrès accomplis en France au point de vue du développement de l'industrie chimique. Bien que tous les efforts aient été dirigés du côté de la Défense nationale, il n'est pas inutile de rappeler le travail prodigieux qui s'est accompli en quelques mois. Il ne faut pas se faire illusion sur l'état de l'industrie chimique en France avant la guerre. Sauf quelques usines qui fabriquaient un certain nombre de produits, il n'existait presque pas d'installations permettant d'obtenir à grand rendement les matières premières utilisées pour la fabrication des explosifs. Il est vrai que rien ne faisait prévoir la consommation formidable de produits nitrés aromatiques susceptibles d'être employés pour le chargement de nos obus. Mais il faut dire à notre avantage que, lorsque nous avons reconnu la nécessité de préparer ces produits en quantité immense, nous nous sommes mis à l'œuvre avec cette énergie et cette facilité de création qui sont une caractéristique de l'esprit français.

Nous ne savons presque rien du côté allemand. Mais tout le monde était d'accord pour reconnaître qu'au point de vue chimique leur domination était incontestable. Les industries produisant les matières premières pour explosifs : benzène, toluène, phénol, crésols, naphtaline, fonctionnaient déjà d'une manière irréprochable et elles n'ont eu qu'un seul mérite, c'est de continuer et d'augmenter leur fabrication. Pour certaines matières, telles que l'acide azotique, le coton, il n'est pas douteux que l'Allemagne a dû faire un certain effort. Il est évident que, le blocus ayant diminué l'importation des nitrates, on a travaillé à mettre en œuvre le procédé d'oxydation de l'ammoniac par la méthode d'Ostwald, et à multiplier les fabrications d'acide azotique par le procédé norvégien. Nous aurons l'occasion de revenir là-dessus dans la Revue de Chimie minérale. On dit, d'autre part, que, pour remplacer le coton, on aurait travaillé la cellulose du bois

en vue d'obtenir un produit pur pouvant se nitrifier facilement en vue de l'obtention de la poudre sans fumée. Cette opération présente sans conteste des difficultés énormes, mais non insurmontables. L'enlèvement à la cellulose de ses sels, des essences, etc., constitue le plus gros inconvénient de la purification. L'on sait que la cellulose utilisée pour la nitrification doit être dans un très grand état de pureté, et l'on comprendra dès lors le travail chimique qu'il faudra effectuer sur le bois pour atteindre le résultat voulu.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, c'est surtout du côté des travaux utiles à la guerre que s'est tournée en France l'activité de l'industrie chimique. Ce sera l'honneur du Service des poudres d'avoir immédiatement envisagé l'état d'infériorité dans lequel nous mettait le besoin énorme d'explosifs et d'avoir créé des organismes puissants qui permettent à l'heure actuelle de satisfaire à tous les besoins. Il a été pleinement secondé dans cette tâche difficile par la Commission des Poudres et l'active et intelligente direction de son éminent président, M. le professeur Haller.

Les produits aromatiques nécessaires à la fabrication des explosifs : benzène, toluène, xylènes, surtout le dérivé méta, phénol, crésols, naphtaline, étaient généralement retirés du goudron de houille. Tandis que leur production avait pris une importance extraordinaire en Allemagne par suite du développement de l'industrie cokière, elle était très réduite en France. Avant la guerre, la distillation de quatre millions de tonnes environ de houille, en vue de la fabrication du gaz d'éclairage, fournissait en moyenne, annuellement, 200.000 tonnes de goudron, d'où l'on pouvait retirer 3.600 tonnes de benzol. La fabrication du coke pour la métallurgie consommait près de 4 millions de tonnes de houille par an. On obtenait de ce chef environ 160.000 tonnes de goudron, d'où il était possible d'extraire 1.600 tonnes de benzol, soit une production totale annuelle de 5.200 tonnes.

Mais, au lieu d'en séparer les trois hydrocarbures principaux, en vue d'obtenir des produits purs, on se contentait souvent de faire une simple distillation et de produire le benzol brut qui était utilisé en grande partie comme carburant. Aujourd'hui, ce benzol a été complètement détourné de ce but, et il est rectifié pour servir uniquement à la fabrication des explosifs. Le benzène, par sa transformation en dinitrobenzène, peut être utilisé pour la fabrication d'explosifs du genre Favier, lorsqu'on mélange ce dinitré avec l'azotate d'ammoniaque. Mais, parce qu'elle est la base du phénol synthétique pouvant fournir la mélinite, et du chlorodinitrobenzène, elle constitue une matière première importante dont la production intensive devait être réalisée.

Le toluène constitue le carbure aromatique le plus recherché à l'heure actuelle pour la fabrication d'explosifs. Son dérivé trinitré est devenu l'égal de la mélinite pour le chargement des obus, et on a pu penser un moment qu'il la remplacerait totalement. Le trinitrotoluène, ou « tolite », présente plusieurs avantages : il a un point de fusion plus bas que celui de la mélinite, 82° au lieu de 123°, et, de ce fait, il est plus facile à couler dans les obus. Son insensibilité au choc et en présence des métaux, enfin sa force brisante considérable devaient en faire un explosif de premier ordre. Sous l'action d'une amorce de fulminate, il détonne violemment en dégageant une fumée noire caractéristique, qui se produit quand les bombes chargées de trinitrotoluène font explosion sous l'eau, et qui est due à la combustion incomplète du carbone de la molécule.

L'artillerie a vite apprécié les avantages de la tolite et elle a réclamé cet explosif au premier jour de la guerre. Immédiatement, on a cherché à produire le toluène par tous les moyens. Nous allons voir comment on y est parvenu.

La nitration du toluène est peut-être le seul inconvénient que l'on rencontre dans la fabrication de l'explosif trinitré. Si, en effet, il est facile de faire soit les dérivés mononitrés ortho et para, soit le dinitrotoluène, fondant à 70°, en effectuant la nitration avec des poids égaux d'acide azotique fumant et d'acide sulfurique, il n'en est pas de même du dérivé trinitré. Il faut chauffer pendant plusieurs heures le dinitré à une température voisine de 100°, avec un mélange sulfonitrique. En raison de sa fusibilité et de sa densité, le composé nitré tend à se séparer à la surface du liquide, de telle sorte que le mélange sulfonitrique agit difficilement sur lui. Il en résulte qu'il est nécessaire de produire dans la masse liquide une agitation assez intense, de manière à maintenir le dinitrotoluène en émulsion dans le mélange nitrant. Cette opération exige du temps et ne va pas sans perte de vapeurs nitreuses, qu'il faut remplacer de temps en temps. En outre, la nitration est presque toujours incomplète ; une certaine quantité de dinitrotoluène échappe à la réaction, et l'on a finalement un mélange de dinitrotoluène et de trinitrotoluène que l'on est obligé de soumettre à une série de cristallisations fractionnées dans l'alcool, pour arriver à un composé fondant à la

température de 80-82°. Ces cristallisations, pour atteindre le produit pur, sont toujours longues et coûteuses, par suite des pertes d'alcool. On a reconnu cependant qu'il n'était pas nécessaire d'atteindre une purification absolue, et qu'un trinitrotoluène fondant à 78° pouvait être parfaitement utilisé.

La nitration des métaxylènes peut être effectuée avec une très grande facilité. Lorsqu'on traite cet hydrocarbure aromatique à froid par le mélange sulfonitrique, on obtient un dérivé dinitré, fondant à 93°. En chauffant ensuite le même mélange jusque vers 100°, et en agitant légèrement, on produit en quelques minutes le trinitrométaxylène, fondant à 171°. Ce sont des cristaux très petits, doux au toucher et faciles à agglomérer. Ils déflagrent par une surchauffe et détonent violemment en présence d'un sel oxydant. Aussi, ce dérivé trinitré a-t-il été envisagé comme pouvant constituer une nouvelle source d'explosifs.

Le paraxylène ne fournit, par contre, qu'un dérivé dinitré. Mais il peut être utilisé sous cette forme, mélangé avec un sel oxydant tel que le nitrate d'ammoniaque. Il constitue un explosif brisant de même nature que les explosifs Favier.

Au même titre que le benzène et le toluène, les xylènes para et méta devaient donc être produits industriellement. A quelles sources a-t-on puisé ces corps.

Nous avons dit plus haut que le goudron de houille constitue une matière importante, d'où l'on peut retirer le benzol. Mais, dans les huiles légères, c'est le benzène qui constitue le produit dominant. La proportion de toluène est environ trois fois plus faible que celle du benzène. Une tonne de houille fournit à la distillation un litre environ de toluène. Les xylènes sont encore en quantité beaucoup plus faible; c'est le métaxylène qui constitue la majeure partie des produits xyléniques; il serait, d'après Fittig, dans la proportion de 90 % de ces produits, tandis que le para n'y entrerait que pour 10 %. Ces chiffres doivent être plus près de la vérité que ceux de Jacobsen, qui indique 30 à 40 % de méta et 20-25 % de para, puisqu'on sait que la position méta tend toujours à se produire de préférence, lorsque les composés prennent naissance à haute température.

On comprend que, devant le besoin énorme de ces produits, la rectification des 5.000 tonnes d'huiles légères des goudrons de houille soit insuffisante pour obtenir tout le benzène, le toluène et les xylènes nécessaires. Et l'on a cherché à produire ces hydrocarbures en les retirant de corps qui en contenaient de très faibles quantités.

L'idée qui se présentait immédiatement a consisté à enlever au gaz d'éclairage le benzol qu'il contient et qui, en lui communiquant son pouvoir éclairant, lui donne également des propriétés calorifiques [1]. On sait qu'un mètre cube de gaz de houille peut entraîner environ 30 grammes de benzol, contenant 8 à 10 gr. de toluène. Des essais qui ont été effectués à l'usine à gaz de Birmingham, il résulterait que l'on peut éliminer facilement jusqu'à 25 grammes de benzol, et qu'à la température de 15° la totalité du toluène du gaz est enlevée, si la durée et les surfaces de contact sont suffisantes.

Ce lavage du gaz vient d'être ordonné en France par une loi. Il va nécessiter de très grosses installations, très coûteuses, mais qu'il n'est pas inutile de faire, si l'on songe aux résultats que l'on va obtenir.

La production quotidienne du gaz à Paris est d'environ 1.200.000 mètres cubes et 600.000 pour la banlieue. Les grandes usines à gaz de Lyon, Marseille, Bordeaux, Toulouse, fabriquent de 700 à 800.000 mètres cubes de gaz par jour.

En admettant que le lavage puisse retirer 20 grammes de benzol par mètre cube, on arrivera à produire 50 tonnes de benzol par jour, duquel on pourra retirer près de 10 à 15 tonnes de toluène. C'est là une production remarquable, qui permettra de suffire dans une large mesure aux nécessités de l'heure présente. Mais le lavage du gaz ne pourra se faire que progressivement, étant donné qu'il faut procéder peu à peu à l'installation des nombreux appareils nécessaires pour l'effectuer.

Les pétroles ont été également envisagés comme pouvant constituer une source de benzol. Tous les pétroles ne peuvent pas servir à cet effet. Seuls, les pétroles dont les essences distillent de 80° à 150°, qui contiennent des hydrocarbures aromatiques, pourront être utilisés. A ce titre, le pétrole de Bornéo constitue, sans contredit, un produit important. Depuis longtemps les Allemands l'utilisaient en vue d'en retirer du benzène, du toluène, des xylènes, etc. Une usine installée à Rotterdam distillait journellement plusieurs tonnes d'essence de Bornéo.

Ces essences ne forment pas tout à fait le centième des pétroles bruts; elles renferment environ 15 à 25 % d'hydrocarbures aromatiques; le reste est constitué par des carbures aliphatiques. Par des rectifications successives dans des appareils à colonnes, on arrive à extraire de ces essences des mélanges d'hydrocarbures contenant

1. Voir à ce sujet M. Desmarets : Etat actuel de l'industrie du gaz. *Rev. gén. des Sc.* des 15 et 28 févr. 1914 (en particulier p. 104).

environ 60 à 70 % de benzène bouillant vers 80°, puis d'autres mélanges contenant une proportion à peu près identique de toluène, bouillant vers 110°, enfin des xylènes bouillant entre 135°-140°, mélangés également à des produits gras.

Les produits ainsi obtenus peuvent cependant servir pour leur transformation en dérivés nitrés. On commence, par exemple dans le cas du produit toluénique, à faire le dérivé mononitré, par action de l'acide azotique fumant, à froid. Les hydrocarbures gras ne sont pas attaqués; on les sépare du produit nitré par un entraînement à la vapeur d'eau, et le dérivé mononitré restant, distillé et séché, est soumis ensuite à la di et à la trinitration.

Une usine de rectification des essences de Bornéo a été installée à Saint-Louis du Rhône et procède journellement à la distillation de plusieurs tonnes d'essence, en vue d'en retirer les produits nitrifiables. Peut-on espérer préparer des hydrocarbures aromatiques (benzène, toluène, xylènes) à partir de produits naturels ou de résidus d'industrie?

On sait que le « cracking » constitue un procédé de fabrication d'essences légères à partir d'hydrocarbures des pétroles de point d'ébullition élevé. Les usines de la Standard Oil Cy ont réussi par l'application de ce procédé à produire des huiles légères en quantité notable. Il se forme dans ce cracking, de véritables décompositions pyrogénées, de même nature que celles qui avaient été étudiées par Berthelot. L'opération du cracking, effectuée au début d'une manière brutale, conduisait à des rendements assez médiocres en essences. Mais la consommation croissante de ces dernières a obligé les grandes firmes de pétrole à faire des études rationnelles sur le cracking, et l'on est arrivé à l'heure actuelle à préciser les conditions d'une bonne décomposition pyrogénée des huiles lourdes de pétrole. Comme il fallait s'y attendre *a priori*, la température et la pression jouent un rôle important dans le cracking. Les hydrocarbures gras bouillant à une température élevée, au-dessus de 350° par exemple, ne peuvent être distillés à la pression ordinaire sans subir un commencement de décomposition. Si l'on vient à augmenter la pression, le point d'ébullition de ces hydrocarbures devenant plus élevé, leur destruction sera plus profonde. Aussi, les meilleures conditions pour effectuer le cracking consisteront à employer une température plus élevée et une pression plus grande. Mais on comprend que cette dernière ne saurait aller au delà d'une limite déterminée, par suite de la résistance des chaudières et de la production d'une température qui exigerait une grande dépense de combustible. Les meilleurs résultats ont été donnés par le chauffage des hydrocarbures lourds entre 500° et 700° sous des pressions variant de 4 à 6 atmosphères. Des températures supérieures favorisent la production de gaz et de charbon et diminuent la quantité d'essence formée. L'expérience a montré que cette opération du cracking serait une simple opération de déshydrogénation.

En réalité, il est vraisemblable que c'est là la réaction dominante, mais elle est accompagnée de dislocations de carbures lourds en carbures légers, et de condensations, qui fournissent toujours des produits très lourds peu riches en hydrogène et fortement carbonés, des sortes de brais qui tapissent finalement le fond des chaudières et ne permettent pas une transformation totale des produits lourds en essences dans une seule opération. Au bout d'un certain temps, celle-ci doit être arrêtée et le contenu de la chaudière soumis à une nouvelle pyrogénation dans un second appareil.

Etant donné que les pétroles de Bakou sont constitués par des carbures cycloforméniques, leur déshydrogénation et leur dédoublement sous l'influence du cracking conduiront au benzène, au toluène et aux xylènes, par enlèvement d'hydrogène aux carbures provenant du dédoublement des huiles lourdes. Des installations ont été faites dans ce but sur les lieux mêmes de la production des pétroles. Mais les rendements n'ont pas été jusqu'ici très satisfaisants.

L'emploi des méthodes catalytiques permettrait sans doute d'arriver à un meilleur résultat. Les pétroles lampants, les mazouts du Caucase, se transforment aisément en benzène et homologues par catalyse sur certains métaux divisés, et l'on peut ainsi obtenir par fractionnement un mélange de carbure aromatique et de carbure cyclohexanique non décomposé. Ce mélange pourra être utilisé dans les mêmes conditions que les pétroles de Bornéo, puisque la nitration ne touchera que le carbure aromatique; l'hydrocarbure cycloforménique n'est nullement attaqué à froid, même par le mélange sulfonitrique.

Les goudrons de houille, privés au préalable par les traitements ordinaires de leurs produits utilisables directement, benzol, phénols, naphtaline, soumis à l'action catalytique de certains métaux divisés, peuvent fournir une nouvelle quantité de benzol. Cette réaction permet de porter la dose du benzol du goudron de 2 à 4 $^1/_2$ %.

Etant donné que l'on peut utiliser les résidus goudronneux après catalyse, pour les usages auxquels ils étaient destinés, on voit l'intérêt de cette réaction.

Par ces procédés catalytiques il sera possible d'augmenter la production du benzol dans des proportions considérables. Mais il ne faut pas se dissimuler que la mise au point industrielle de ces procédés exige beaucoup de temps et des tâtonnements, car les températures auxquelles se fait la catalyse sont souvent élevées, et voisines de celles où commence la pyrogénation. Le dépôt de charbon sur le catalyseur est un des facteurs sur lesquels il faut compter.

Nous verrons ultérieurement qu'il est possible de retirer du benzol par catalyse de certains produits naturels. Les expériences semi-industrielles permettent d'espérer que les résultats industriels fourniront de bons rendements et conduiront à des produits aromatiques très purs, où dominent le toluène et le xylène.

Si le benzène, le toluène et les xylènes méta et para sont des matières premières importantes pour la fabrication des explosifs, le phénol et la naphtaline sont également utilisés. L'extraction du phénol des goudrons de houille est effectuée aujourd'hui en France, et l'on est arrivé à produire du phénol neige, fondant à 38°-40°. Rien encore n'a été fait industriellement pour la séparation des trois crésols.

Mais, à côté de cette production de phénol, on a également créé la fabrication du phénol synthétique qui atteindrait près de 40 tonnes par jour.

La naphtaline, par sa transformation en mono- et dinitro-naphtalines, est employée, mélangée à du nitrate d'ammoniaque, pour le chargement des obus. C'est l'explosif Favier, insensible au choc, non modifiable par la température et difficilement inflammable. Cet explosif, comme tous les types d'explosifs Favier, n'avait été utilisé jusque dans ces dernières années que sous forme de cartouches. Schneider a eu l'idée de l'employer pour charger les obus, d'où le nom de « schneidérite » qui est actuellement donné au mélange de nitronaphtalines et d'azotate d'ammoniaque.

On conçoit que la nitration de la naphtaline doit être effectuée sur un carbure pur. Des usines livrent ce corps actuellement dans les meilleures conditions.

On voit le grand effort qui a été fait dans la fabrication des produits chimiques organiques nécessaires à la guerre ; on peut dire que, du côté des produits minéraux, le travail n'a pas été moindre. Mais il est nécessaire de ne pas s'arrêter.

Car, si les besoins de la guerre absorbent toute la production, l'industrie est bien loin d'avoir les produits les plus indispensables.

Il manque des matières colorantes ; les produits pharmaceutiques atteignent des prix fantastiques ; l'indutrie des parfums artificiels est arrêtée.

Or, les produits que nous avons signalés : benzène, toluène, xylènes, phénol, naphtaline, sont les matières premières indispensables pour la fabrication des colorants, de la plupart des produits pharmaceutiques. Il convient donc de développer de plus en plus les industries qui ont été créées. Aucune surproduction ne sera inutile. Elle nous préparera merveilleusement pour la rénovation de l'industrie chimique en France, puisqu'il sera possible d'avoir après la guerre des usines produisant à bon marché les matières premières indispensables au développement de l'industrie des colorants, des parfums et des produits médicamenteux.

II. — Composés organo-magnésiens

Parmi les travaux de Laboratoire effectués en Chimie organique, nous citerons tout d'abord quelques nouvelles applications de la réaction de Grignard, en particulier la fixation du résidu nitrile sur les molécules organiques. Les travaux d'Haller sur le camphre avaient montré que, lorsqu'on fait réagir l'iodure de cyanogène sur le camphre sodé, on obtenait l'iodocamphre, tandis que l'action du cyanogène ou de son chlorure conduisait au camphre cyané. Les dérivés halogénés du cyanogène ne se comportaient pas de la même manière vis-à-vis du sodocamphre. Moureu obtint du bromophénylacétylène par action du bromocyanogène sur le phénylacétylène sodé, et la quantité de nitrile fut au contraire très faible. Il paraissait intéressant de connaître la réaction que ces dérivés pouvaient exercer sur les organo-magnésiens mixtes.

Grignard et ses élèves ont montré que les halogénures de cyanogène réagissent sur les composés magnésiens sous les deux formes tautomères, nitrile et carbylamine. La première conduit aux nitriles, puis à des cétones ; la seconde forme, au dérivé halogéné.

L'iodure de cyanogène réagit uniquement comme carbylamine, selon l'équation :

$$RMgX + CNI = RI + Mg\begin{cases} X \\ N = C. \end{cases}$$

Au contraire, le chlorure de cyanogène forme avec les organo-magnésiens gras et aromatiques des nitriles :

$$RMgX + CN.Cl. = RC\begin{cases} NMgX \\ Cl. \end{cases}$$

L'hydrolyse de ce complexe fournit un nitrile RCN.

Comme on pouvait le prévoir, le bromure de cyanogène fournit une réaction intermédiaire. Mais c'est le dérivé bromé qui prédomine de beaucoup sur le nitrile.

Le chlorure de cyanogène paraît réagir sur les magnésiens cycloforméniques d'une manière différente que dans les autres séries. Avec le chlorure de cyclohexane, par exemple, il donne très peu de nitrile. Mais on peut tourner la difficulté par l'emploi du cyanogène qui conduit dans tous les cas à un nitrile :

$$RMgX + CN.CN \longrightarrow CN.C\begin{cases} R \\ NMgX \end{cases}$$
$$\longrightarrow RCN + CNMgX.$$

La réaction peut être poussée plus loin. Lorsqu'on fait réagir une seconde molécule de magnésien sur le complexe obtenu avec le chlorure de cyanogène, on obtient un nouveau complexe qui par hydrolyse donne d'abord une cétimine, puis une cétone :

$$C.1C\begin{cases} R \\ NMgX \end{cases} + R_1\,MgX =$$
$$= Mg\begin{cases} X \\ Cl \end{cases} + \begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix} > C = NMgX;$$
$$\begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix} > C = NMgX + H^2O =$$
$$= Mg\begin{cases} X \\ OH \end{cases} + \begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix} > C = NH;$$
$$\begin{matrix} R \\ R_1 \end{matrix} > C = NH + H^2O = NH^3 + RCOR_1$$

La méthode a été appliquée à la préparation d'un grand nombre de nitriles.

On emploie souvent l'anisol comme dissolvant dans la réaction de Grignard, car il est indifférent, à condition d'éviter les températures élevées. Simonis et Remmert ont étudié comment se comportaient les éthers-oxydes mixtes du phénol et des alcools : anisol, phénétol, éther diméthylique de l'hydroquinone, en présence des organo-magnésiens. Ils ont trouvé que, lorsqu'on chauffe, par exemple, l'anisol jusqu'à 155° avec l'iodure de méthylmagnésium, dans un bain d'huile, il se forme du phénol :

$$C^6H^5OCH^3 + CH^3MgI = C^6H^5OMgI + C^2H^6.$$

Quand il ne se dégage plus d'éthane, le complexe magnésien, détruit par l'eau, a fourni 8 gr. de phénol pour 10 gr. 8 d'anisol employé.

Le phénétol, chauffé au bain d'huile à 230°, avec le même magnésien, CH^3MgI, a donné du propane et du phénol. L'éther diméthylique de l'hydroquinone est changé en hydroquinone, accompagnée d'un peu de son éther monométhylique.

Le réactif de Grignard produit à température élevée sur les groupes alcoyles des phénols la même action de rupture que l'acide iodhydrique, le chlorure d'aluminium, etc.

Bennet et Tarner ont fait réagir le chlorure chromique sur les organo-magnésiens aromatiques. Il s'est produit dans tous les cas le carbure double formé par soudure des deux noyaux. Avec le magnésien du bromobenzène, ils ont obtenu le diphényle :

$$2C^6H^5MgBr + 2CrCl^3 = 2CrCl^2 + MgCl^2$$
$$+ MgBr^2 + C^6H^5.C^6H^5.$$

Le chlorure chromique a été réduit en sel chromeux.

Le dibenzyle, $C^6H^5CH^2CH^2C^6H^5$, le dinaphtyle, $C^{10}H^7.C^{10}H^7$, le ditolyle, $CH^3C^6H^4 — C^6H^4CH^3$, ont été obtenus par le même processus, à l'aide de $CrCl^3$ et des organomagnésiens correspondants, $C^6H^5CH^2MgBr$, etc. L'iodure d'isoamylmagnésium a fourni lui aussi le diisoamylène.

III. — Hydrocarbures

Les hydrocarbures permettant d'arriver au caoutchouc synthétique, érythrène, isoprène, ont été obtenus par de nouvelles méthodes. En faisant passer des vapeurs d'éther sur des copeaux d'aluminium chauffés à 500°, on obtient de l'érythrène avec un rendement de 50 % seulement. L'éther monochloré perd facilement HCl, et dès 350° fournit le même carbure : 20 %. On peut employer comme catalyseur l'alumine et le chlorure de baryum. La réaction se fait selon l'équation :

$$CH^3CHCl.OCH^2CH^3 = HCl + H^2O$$
$$+ CH^2 = CH.CH = CH^2.$$

Pendant la réaction, les catalyseurs se recouvrent d'une résine brune qui ne distille pas et qui affaiblit leur action ; aussi le rendement devient de plus en plus faible.

La décomposition de l'acétal, en présence d'alumine, fournit également l'érythrène. Mais la réaction se complique par suite des deux réactions secondaires : décomposition de l'acétal en aldéhyde et alcool, et destruction de cet alcool en éthylène.

Le kaolin permet également la déshydratation de certains alcools, à des températures inférieures à 350°, pour donner des carbures de la série du butadiène. C'est le cas du méthylbutanol, qui peut être transformé en isoprène ; mais il est indispensable d'opérer sous pression réduite pour éviter la transformation en carbures à une seule double liaison.

En opérant dans un bon vide, on obtient des produits sensiblement purs, pouvant être condensés de suite en caoutchouc.

D'après Gerlach, la décomposition pyrogénée de l'acide oléique ou des huiles, par l'action d'une spirale de platine chauffée au rouge, produirait l'érythrène et ses composés non saturés.

Dans la série des autres hydrocarbures, nous trouvons les travaux de Lebeau et Picon. Ces auteurs ont indiqué un procédé général de préparation des carbures acétyléniques vrais, basé sur l'action des dérivés halogénés organiques sur une solution d'acétylène monosodé dans l'ammoniac liquide. Cette méthode les a conduits au butine moral, qu'ils ont obtenu dans un très grand état de pureté. Picon a constaté également que le chlorure d'éthyle ne réagit que vers la température ordinaire, que le bromure se transforme lentement à — 40°, et que seul l'iodure donne très rapidement le butine à cette basse température. Ce corps est un gaz incolore, à odeur alliacée légèrement éthérée, rappelant un peu celle du sulfure de carbone pur. Sa saveur est très sucrée. Il bout à 8°3 sous la pression normale, et se solidifie dans l'air liquide. Il fond alors à — 137°.

Le pentine s'obtient également à partir de l'iodure de propyle. Il bout à 40°, et possède des caractères physiques semblables au précédent carbure. Enfin l'hexine (Lebeau et Picon) bout à 71°5. L'heptine avait été isolé par Moureu ; il bout à 99°.

Si on compare les points d'ébullition de ces carbures acétyléniques vrais, ils présentent d'un homologue à l'autre une différence de 31 à 32°.

Ce sont des corps extrêmement fragiles, qui sont fortement altérés par la potasse alcoolique. Tout traitement chimique qui atteint la molécule d'un de ces carbures acétyléniques semble détruire une partie de ces corps. Aussi la méthode de l'ammoniac liquide, employée à la place de l'action de la potasse alcoolique, constitue un progrès très notable dans la préparation de ces carbures, puisqu'elle évite toute condensation, et supprime toutes les réactions secondaires.

Garcia Banus a montré que le trioxyméthylène, en présence d'acide acétique glacial, réduit le triphénylcarbinol en triphénylméthane. 1 gramme de cet alcool, dissous dans 10^{cc} d'acide acétique glacial, et additionné de 0 gr. 5 de trioxyméthylène et 2 cm^{3}5 d'acide sulfurique qui accélère la réaction, donne en quelques minutes 1 gramme de triphénylméthane.

Une méthode de préparation des carbures de formule $(C^6H^5)^2CH\,R$, où R est un résidu aromatique, consiste à faire tomber goutte à goutte dans une solution éthérée de bromomagnésien aromatique, une solution éthérée de diphénylméthane bromé $(C^6H^5)^2CHBr$. Une réaction énergique se déclare. Lorsqu'elle est terminée, le produit résultant est traité par de l'eau glacée. On obtient le carbure cherché.

Avec le bromophénylmagnésium, on fait le triphénylméthane. Le bromotolylmagnésium conduit au diphényltolylméthane $(C^6H^5)^2CH.C^6H^4CH^3$. Même réaction avec le bromonaphtylmagnésium α. On obtient le naphtyl-α-diphénylméthane.

On sait que Bones et Coward avaient réalisé la synthèse directe du méthane, en chauffant du charbon de sucre à la température de 1150°, dans un courant d'hydrogène, pendant 17 à 25 heures. Ils ont obtenu le méthane avec un rendement qui a pu atteindre 95 %.

On avait pu également réaliser sa synthèse par hydrogénation directe du carbone en présence du nickel ou du cobalt divisé. On constate dans ce cas que la dissociation du méthane en C et H commencerait à une température relativement basse. La réaction $C + 2H^2 = CH^4$ serait réversible et conduirait à un équilibre dans lequel la proportion d'H diminue à mesure que la température baisse. A 850°, le mélange gazeux ne renferme plus que 1,59 % de méthane.

Ipatiew décrit une série d'expériences, montrant que le méthane se forme également en chauffant le charbon à 500-520°, dans de l'hydrogène sous pression, en présence de certains catalyseurs, oxydes métalliques : oxydes de nickel, de cuivre, de fer. Mais ce gaz est également décomposé en présence de nickel et de vapeur d'eau, sous pression, à 485°-520°. Il se forme de l'hydrogène et de l'anhydride carbonique. De même, un mélange d'anhydride carbonique et d'hydrogène, chauffé sous pression en présence de nickel ou de cuivre métallique, se change en eau et méthane. Il s'établit un état d'équilibre qui produit une transformation très incomplète de CO^2 en CH^4.

Staudinger a étudié la décomposition des cétènes à haute température. Il a trouvé qu'en dirigeant la vapeur des cétènes sur une spirale d'argent, maintenue à 600-700°, on obtenait dans la plupart des cas de nouveaux carbures d'hydrogène. Ainsi le diphénylcétène produit du fluorène :

$$(C^6H^5)^2C:CO = (C^6H^5)^2C < \quad + CO$$

et ce résidu se transforme aussitôt en fluorène :

$$(C^6H^5)^2C < \begin{matrix} C^6H^4 \\ | \\ C^6H^4 \end{matrix} > CH^2.$$

La diméthylcétène donne du propylène :

$$(CH^3)^2C : CO \rightarrow CO + (CH^3)^2C \langle \rightarrow CH^3CH : CH^2.$$

Mais, dans ce cas, il y a également soudure de 2 résidus bivalents $(CH^3)^2 C =$, et production de tétraméthyléthylène : $(CH^3)^2C : C (CH^3)^2$.

Lorsqu'on remplace la spirale d'argent par des fragments de porcelaine, on obtient, dans le cas du diphénylcétène, le tétraphényléthylène, au lieu du fluorène.

Nous citerons encore une méthode de préparation du thiophène, réalisée en faisant passer de l'acétylène sur de la pyrite pulvérisée, chauffée vers 280-310°. Le produit de condensation renferme 40 % de thiophène, mélangé à d'autres produits sulfurés. Le sulfure de fer n'agit pas de même. Appliquée au diméthyl-2 : 3-butadiène, $CH^3 - \underset{\underset{CH^3}{|}}{C} = \underset{\underset{CH^3}{|}}{C} - CH^3$, et à l'isoprène, la méthode fournit de petites quantités de thiotolène-3, $C^4 H^3 (CH^3) S$, et de thioxène-3 ; 4, $C^4 H^2 (CH^3)^2 S$. Mais la réaction n'a lieu qu'au rouge sombre, et les rendements sont médiocres.

Ellez et Jarolavzet ont décrit une méthode très simple, permettant d'introduire l'iode dans les molécules aromatiques. Elle consiste à chauffer le composé avec de l'iode et de l'hyposulfite de soude, en solution dans l'acide acétique glacial. Les dérivés iodés aromatiques se prépareraient ainsi très rapidement. Le benzène fournirait un mélange d'iodobenzène et de paradiiodobenzène ; le toluène donnerait à la fois l'ortho et le paraiodotoluène. Les auteurs ont préparé également par cette méthode le 4-iodométaxylène et le 2-iodoparaxylène, l'iodocumène, le diparaiododiphényléthane, à partir du dibenzyle.

IV. — Alcools, phénols et leurs éthers

En dehors de la méthode de Grignard, qui consiste à faire réagir le trioxyméthylène sur les organo-magnésiens des chlorures aryliques, il n'existe aucune méthode permettant de passer d'un carbure aromatique à l'alcool benzylique correspondant Ar. CH^2 OH. Sommelet a montré que la transformation du chlorure de benzyle en alcool benzylique s'effectue quand on le chauffe en proportion moléculaire avec une solution aqueuse d'hexaméthylènetétramine. Il en est de même des bromures de tolyle, qui fournissent les aldéhydes toluiques correspondantes, faciles à transformer en alcools.

La réaction semblait devoir rester limitée à ces composés, les autres dérivés halogénés de carbures homologues du toluène étant des produits rares et difficiles à préparer.

Sommelet a essayé de les obtenir, en faisant réagir les éthers méthyliques chlorés RO CH^2 Cl sur les hydrocarbures benzéniques, en présence de divers chlorures métalloïdiques ou métalliques, agissant comme agents de condensation. Il se formerait la réaction :

$$RH + R'O\,CH^2\,Cl = HCl + R\,CH^2\,O\,R'$$

et ce dernier serait facile à transformer en dérivé $RCH^2 X$, au moyen d'un hydracide :

$$RCH^2\,O\,R' + HCl = R'OH + RCH^2Cl.$$

A la température de 10°, le chlorure d'aluminium, à la dose de $^1/_3$ de molécule, provoque, à partir d'un mélange équimoléculaire de benzène et de chlorométhane-oxypropane, $CH^2ClOC^3H^7$, la formation de chlorure de benzyle, avec un rendement assez faible ; la réaction appliquée au toluène est encore plus mauvaise. Le chlorure ferrique ne produit que des condensations de carbures. Par contre, les chlorures de zinc, d'antimoine, d'étain, donnent lieu à la formation cherchée. Elle est lente pour le premier, accompagnée d'une forte polymérisation pour le second, et avantageuse pour le troisième. Le chlorure stannique s'est montré comme étant le réactif de choix, à cause de sa facilité de mise en œuvre et de la netteté des résultats qu'il fournit. Pour effectuer la réaction, on dilue le mélange du carbure et de l'éther chloré $ROCH^2$ Cl, dans 2 à 3 fois son volume de sulfure de carbone ou de tétrachlorure de carbone, puis, après avoir refroidi vers 10°, on y fait tomber goutte à goutte $^1/_4$ de molécule de chlorure stannique. On laisse ensuite en contact à froid pendant une demi-heure et on décompose par la glace pilée. Par distillation on enlève le dérivé chloré. Dans ces conditions, le benzène donne le chlorure de benzyle ; le toluène, le dérivé $C^6H^4 \langle \begin{matrix} CH^2\,Cl & 1 ; \\ CH^3 & 4 ; \end{matrix}$ les xylènes, les chlorures correspondants $C^6 H^3 (CH^3)^2 CH^2 Cl$; le mésitylène, l'isopropylbenzène, le paracymène se conduisent de même. La substitution s'effectue généralement en para par rapport à la chaîne latérale.

Tous ces dérivés chlorés se transforment facilement en éthers acétiques quand on les chauffe avec une solution acétique d'acétate de potassium. La saponification de ces éthers forme l'alcool primaire correspondant.

Les mêmes dérivés chlorés se transforment en aldéhydes lorsqu'on les chauffe avec une solution alcoolique d'hexaméthylènetétramine.

La réaction précédente ne s'applique pas aux éthers-oxydes des phénols, lorsqu'on emploie le chlorure stannique. Mais en s'adressant à des

éthers-sels convenablement choisis, on peut les transformer en dérivés chlorométhylés par l'oxyde de méthyle chloré en présence de chlorure d'antimoine.

On sait, d'après les travaux de Berthelot, que les alcools sodés fixent l'oxyde de carbone et se transforment en acides RCO^2H. Stahler, qui a repris ces expériences, a trouvé qu'il se produit surtout des éthers formiques HCO^2R dans cette réaction; il n'a pas constaté la formation des acides dans le cas des alcools méthylique et éthylique; il s'en forme une trace avec les alcools isobutylique et isoamylique. Il est probable que la production d'éther formique a lieu par suite de la formation d'un composé intermédiaire dû à l'addition de CO à l'alcoolate, composé qui est ensuite décomposé par l'alcool en éther formique avec régénération de l'alcoolate de sodium :

$$C^2H^5ONa + CO = C^2H^5O.CO.Na.$$
$$C^2H^5O.CO.Na + C^2H^5OH = C^2H^5ONa + C^2H^5O\,COH.$$

Cette façon de voir est justifiée par ce fait que la réaction de l'oxyde de carbone sur un mélange d'alcool et d'alcoolate de sodium donne une quantité d'éther formique supérieure à la proportion correspondante d'alcoolate de sodium. Après 14 jours de contact, à la température ordinaire, de l'oxyde de carbone sous 300 atmosphères avec 625 gr. d'alcool absolu, dans lequel on a dissous 23 grammes de sodium, on obtient 423 gr. 5 de formiate d'éthyle. Le formiate de méthyle s'obtient également avec un bon rendement : 590 grammes pour 500 centimètres cubes d'alcool. Avec l'alcool isoamylique, au contraire, on n'obtient, pour 431 grammes d'alcool, que 17 grammes de formiate d'isoamyle.

La fixation de l'oxyde de carbone sous pression peut avoir lieu également sur l'acétophénone, en présence d'éthylate de sodium. On obtient l'aldéhyde $C^6H^5COCH^2COH$. Les métaux ne peuvent pas remplacer l'éthylate de sodium pour catalyser la fixation de CO sur les alcools.

Bodroux a montré qu'il était aisé de préparer les éthers-sels dans de bonnes conditions en présence de l'eau et d'un catalyseur acide, SO^4H^2, HCl, NO^3H, PO^4H^3, IO^3H, $CO^2H.CO^2H$. En distillant un mélange d'acide acétique et de propanol en présence d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique, on obtient l'acétate de propyle avec un bon rendement. Les acides formique, propionique, chloracétique, phénylacétique, se comportent comme l'acide acétique et s'éthérifient facilement dans les mêmes conditions avec les divers alcools $C^nH^{2n+1}OH$ primaires.

L'action du catalyseur peut s'expliquer par la formation d'un composé d'addition qui prend naissance aux dépens de l'acide organique, et c'est sur ce complexe que réagit l'alcool pour donner l'éther :

$$RCOOH + XH = RCX(OH)^2$$
$$RCX(OH)^2 + R'CH^2OH = RC(OH)^2(OCH^2R') + XH$$
$$RC(OH)^2(OCH^2R') = RCO^2CH^2R' + H^2O$$

La préparation des éthers-oxydes des phénols, par la méthode Sabatier et Mailhe, se fait très aisément avec le phénol, les crésols, etc. Il suffit de diriger ces corps en vapeurs sur de la thorine chauffée à 400°-450°. Le mélange de ces phénols et d'alcools conduit aux oxydes mixtes du type C^6H^5OR. L'application de cette méthode a été faite au carvacrol. Les vapeurs de ce corps, dirigées sur la thorine à 430°, fournissent des gaz contenant de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et un mélange d'oxydes de carvacryle et de dicarvacrylène. En présence d'alcool méthylique, il fournit l'oxyde mixte $C^6H^3(CH^3)(C^3H^7).O.CH^3$, bouillant à 217°, l'oxyde de carvacryle $\left(C^6H^3\begin{cases}CH^3\\C^3H^7\end{cases}\right)^2O$, F, 110°, et l'oxyde de dicarvacrylène, F. 150°, par une réaction de déshydrogénation identique à celle qui conduit à l'oxyde de diphénylène, $\begin{matrix}C^6H^4 - C^6H^4\\ \diagdown\ \diagup\\ O\end{matrix}$.

L'alcool ordinaire, le phénol, le paracrésol, mélangés avec le carvacrol, fournissent les éthers-oxydes mixtes correspondants, en présence de thorine chauffée vers 450°.

V. — Aldéhydes et acétones

On connaît aujourd'hui un certain nombre de méthodes catalytiques permettant de préparer les aldéhydes et les acétones à partir des acides. Lorsqu'on dirige sur de l'acide titanique, chauffé à 280°-300°, un mélange de vapeurs d'acide formique et d'un acide gras quelconque, ce dernier est réduit avec formation d'aldéhyde :

$$RCO.OH + HCO.OH = CO^2 + H^2O + RCO.OH$$

La méthode convient également pour l'acide phénylacétique. Il est possible de remplacer comme catalyseur l'acide titanique par l'oxyde manganeux provenant de la calcination du carbonate de manganèse dans le tube même où doit se faire la réaction catalytique. Cet oxyde s'est comporté comme un catalyseur de choix pour cette transformation. L'acide titanique, qui jouit aussi d'excellentes propriétés catalytiques pour la réduction des acides, doit être très léger. Celui qui a été obtenu par une calcination trop forte ne possède plus une activité suffisante et les rendements en aldéhydes deviennent moins bons.

La préparation des acétones par catalyse est également une des réactions les plus simples et les plus avantageuses de la chimie organique. Au lieu de calciner le sel de chaux de l'acide à une haute température, on dirige les vapeurs de l'acide organique sur l'oxyde catalyseur, chauffé à 400-450°. Dans ces conditions, tous les acides gras et aryliques sont transformés en acétones suivant la réaction :

$$2\,RCO^2H = CO^2 + H^2O + RCOR$$

De même qu'un mélange des sels de chaux de deux acides, calciné à haute température, fournit, à côté des cétones symétriques, des cétones mixtes, de même le mélange des vapeurs de deux acides dirigées sur le catalyseur fournit les cétones symétriques correspondant à chaque acide, et l'acétone mixte :

$$RCO^2H + R'CO^2H = CO + H^2O + RCOR'.$$

L'acide benzoïque, les acides toluiques, présentant vis-à-vis des catalyseurs une très grande stabilité, on n'aura naturellement, dans le cas d'un mélange de ces acides avec un acide gras, que l'acétone mixte correspondante, mélangée d'un peu de l'acétone mixte provenant de l'acide gras. Ainsi, l'acide benzoïque et l'acide acétique donnent, à côté d'un peu de propanone, l'acétophénone :

$$C^6H^5CO^2H + CH^3CO^2H = CO^2 + H^2O + \\ + C^6H^5COCH^3$$

Toutes les cétones mixtes de cet acide et des divers acides gras ont été préparées par cette voie.

Les catalyseurs que l'on emploie pour effectuer cette transformation sont surtout les oxydes métalliques. Celui qui convient le mieux pour cette opération est l'oxyde de thorium ou thorine, qui a été appliqué par Senderens d'une manière très étendue. Cet auteur a effectué ainsi la préparation d'un très grand nombre de cétones symétriques et mixtes. Senderens a également indiqué la zircone, ZrO^2. Mailhe a montré que l'oxyde de cadmium, l'oxyde ferrique peuvent également servir, et il a pu préparer avec ce dernier un certain nombre de cétones mixtes dont quelques-unes étaient inconnues : la phénylbenzylcétone, $C^6H^5COCH^2C^6H^5$, les trois tolylbenzylcétones, les tolylcinnamylcétones ; enfin, la cinnamylméthylcétone, $C^6H^5CH{=}CH\,COCH^3$, a été également obtenue par catalyse d'un mélange d'acide cinnamique et d'acide acétique sur le même oxyde, etc. D'autre part, Sabatier et Mailhe ont montré que l'oxyde manganeux est également un excellent catalyseur des acides, qu'il transforme en acétones symétriques ou mixtes. La catalyse s'effectue à une température comprise entre 400 et 450°. Les acides peu volatils sont entraînés sur le catalyseur par un courant de CO^2. Ils ont obtenu ainsi les acétones symétriques dérivées des acides gras depuis le premier terme jusqu'à l'acide pélargonique. De même, les acides gras opposés à l'acide benzoïque ont fourni les cétones mixtes, et ils ont préparé toutes les cétones mixtes depuis l'acétophénone jusqu'à la phénylundécylcétone, et même la phénylheptadécylcétone. L'efficacité de l'oxyde manganeux n'est pas moindre, quand on oppose l'acide benzoïque aux acides phénylacétique et hydrocinnamique. Certains acides bibasiques fournissent des cétones cycliques : l'acide adipique conduit à la cyclopentanone, l'acide méthyladipique à la méthylcyclopentanone, fournissant des oximes que l'hydrogénation transforme en amines correspondantes.

L'acide benzoïque s'est montré très stable vis-à-vis des différents catalyseurs. Le cuivre divisé, l'oxyde de cadmium, l'oxyde titanique, l'oxyde de zinc, provoquent un dédoublement exclusif et rapide en benzène et anhydride carbonique. Le nickel donne lieu à la même réaction, avec destruction du benzène en charbon, hydrogène et méthane. Le fer se comporte d'une manière analogue. L'oxyde ferrique produit une réaction singulière : il se forme tout d'abord une proportion notable de phénol. Le carbonate de lithium, au contraire, produit le dédoublement en benzophénone. C'est le catalyseur par excellence pour la transformation en cétone de l'acide benzoïque. Le carbonate de calcium et l'oxyde manganeux produisent un peu de benzophénone.

Haller et ses élèves ont poursuivi leurs travaux sur l'alcoylation des cétones. Lorsqu'on effectue cette réaction sur la cyclopentanone, à l'aide de l'amidure de sodium, on n'obtient que de médiocres rendements. La presque totalité de la cétone se condense sur elle-même. Cependant, en opérant à froid, on a obtenu une certaine dose d'α-méthylcyclopentanone bouillant à 127-140°. Celle-ci, à son tour, peut être transformée en acétone diméthylée, tri et tétraméthylée avec des résultats satisfaisants. L'iodure d'éthyle, l'iodure d'allyle conduisent également à des cétones alcoylées substituées.

Les dérivés tétraalcoylés en $\alpha\alpha'$ peuvent, lorsqu'on les fait bouillir avec de l'amidure de sodium au sein du toluène, et en ajoutant de l'eau, rompre leur chaîne cyclique et se transformer en amides correspondantes.

Tandis que l'acétophénone ne fournit pas la réaction d'alcoylation, mais seulement des produits de condensation avancée lorsqu'on la traite par l'amidure de sodium et l'iodure d'allyle, la réaction de substitution s'effectue normalement

lorsqu'on s'adresse aux mono ou aux dialcoyl-acétophénones. Haller et Bauer ont ainsi préparé les cétones allylées dérivées de ces deux composés. Également, la pinacoline sodée a pu être transformée en dérivés monoallylé et diallylé. Le méthylcamphré et le diméthylcamphre, ainsi que les homologues supérieurs, le benzyl et le dibenzylcamphre, etc., ont été obtenus par la même réaction.

Grâce à l'emploi de l'amidure de sodium, ces deux savants ont réussi à préparer à l'état pur les dérivés symétriques et non symétriques, mono et dialcoylés, du camphre et du camphol, ce qui ne pouvait se faire facilement par l'emploi du sodium. Ils ont montré que les radicaux aliphatiques se substituent plus difficilement à mesure qu'on s'élève dans la série, que seuls les dérivés monoalcoylés sont susceptibles de donner des oximes, et que le pouvoir rotatoire des dérivés monoalcoylés va en augmentant avec le poids moléculaire, alors que celui des composés bisubstitués oscille entre 90 et 100°, à l'exception des dipropylcamphres.

Enfin, la thuyone et l'isothuyone s'alcoylent également bien par l'intermédiaire de l'amidure de sodium.

On sait que la fonction acétylénique devient susceptible, lorsqu'elle est voisine d'une fonction éther-sel, cétone ou nitrile, de fixer les amines secondaires (Moureu). On pouvait se demander ce que deviendrait cette réaction lorsque la fonction acétylénique serait voisine de deux fonctions cétones, et c'est pour l'examiner que G. Dupont a cherché à préparer les cétones acétyléniques de la forme R CO. C ≡ C. CO R. Il a, pour cela, essayé d'oxyder les γ-glycols acétyléniques, faciles à obtenir par la méthode de Iotsitch. L'oxydant utilisé est l'acide chromique en solution acétique. Cette oxydation a conduit à des résultats excellents avec les glycols aromatiques, tandis que les glycols gras n'ont rien donné. Le glycol est dissous dans la quantité nécessaire d'acide et on introduit peu à peu la solution chromique en agitant et refroidissant constamment. Lorsque le liquide reste jaune, il y a excès d'oxydant et on en arrête l'addition. Le mélange est versé dans l'eau après 1 à 2 heures de contact. On recueille sur un filtre le précipité formé, que l'on fait recristalliser dans l'alcool :

$$C^6H^5\,CHOH\,C \equiv C.\,CHOH\,C^6H^5 \longrightarrow C^6H^5\,CO.\,C \equiv C.\,COC^6H^5$$

C'est le dibenzoylacétylène qui peut servir pour effectuer les réactions de Moureu.

Moureu et Mignonac, qui ont préparé les cétimines $\frac{R}{R}/ > C : NH$, ont montré qu'elles différaient entre elles par leur stabilité. Celles où l'atome de carbone du groupement fonctionnel C : NH n'est lié à aucun atome de carbone porteur d'hydrogène, telle que la diphénylcétimine, $(C^6H^5)^2\,C : NH$, paraissent se conserver indéfiniment. Dans le cas contraire, par exemple pour la phényléthylcétimine, $\begin{array}{c} C^6H^5\,C.\,CH^2CH^3 \\ \| \\ NH \end{array}$, elles se colorent peu à peu en jaune de plus en plus intense, et de l'ammoniac est mis en liberté. Le phénomène devient rapide par l'action de la chaleur. Il se forme dans cette réaction une substance nouvelle, résultant de la condensation de deux molécules de cétimine :

$$2\,C^6H^5C : NH.\,C^2H^5 = NH^3 + C^{18}H^{19}N$$

Ces corps qui prennent ainsi naissance constituent une classe nouvelle de composés azotés, les cétisocétimines. D'après la constitution qui leur est attribuée, ils renfermeraient le groupe cétimine vrai $>C = N$, et le groupe isocétimine $>N.C \equiv$. En faisant réagir une solution éthérée de β-naphtonitrile sur le bromure de β-naphtylmagnésium, et terminant à 50-60°, Tchitchibabine a obtenu, par décomposition du complexe dans le mélange glace et chlorure d'ammonium, la di-β-naphtylcétimine $(C^{10}H^7)^2\,C : NH$, base énergique, fournissant des sels avec les divers acides. La décomposition du complexe magnésien par un acide minéral froid fournit au contraire la dinaphtylcétone β, F. 163°. On a pu préparer dans les mêmes conditions l'α-β-dinaphtylcétimine et la cétone, par action du β-naphtonitrile sur l'α-bromonaphtylmagnésium, et aussi l'α-dinaphtylcétimine, F. 87°, et la di-α-naphtylcétone, F. 96°.

La chaleur agissant sur les cétoximes en l'absence d'oxygène, et dans un courant d'anhydride carbonique sec, peut être sans effet (acétoxime, cyclohexanone-oxime), ou les dédoubler en cétones, azote et ammoniac (acétophénonoxime, benzophénonoxime) :

$$3\,(C^6H^5)^2C : NOH = 3\,(C^6H^5)^2CO + N + 2NH^3,$$

ou enfin effectuer un dédoublement en nitrile et alcool, aldéhyde ou acide (oximes de la benzoïne, du benzile, etc.) :

$$(C^6H^5)\,C : NOH.\,CH^2C^6H^5 \longrightarrow C^6H^5\,CN + C^6H^5\,CH^2OH$$

Dans cette dernière scission nitrilique, il se fait comme produits intermédiaires des amides. Sous pression réduite de 10 millimètres, les cétoximes ne subissent au contraire aucune décomposition.

Nous signalerons dans ce chapitre la synthèse de l'acide formique par union directe de CO^2 et H^2 en présence de mousse de palladium et d'un bicarbonate alcalin ou de carbonate de chaux ou d'un sel d'acide faible, tel que le borax. La transformation est quantitative au bout de quatre heures et demie, lorsqu'on met en présence l'hydrogène et l'anhydride carbonique sous pression à 70° (Bredig et Carter).

On a également trouvé qu'avec un courant de densité de 10 à 15 ampères par décimètre carré d'électrode, l'anhydride carbonique pouvait être transformé quantitativement en acide formique.

Alph. Mailhe,
Professeur adjoint à l'Université de Toulouse.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

De Montessus (R.), *Professeur à la Faculté libre des Sciences de Lille.* — **Exercices et Leçons de Mécanique analytique.** — *1 vol. in-8° de II-334 p. avec 72 fig. (Prix : 12 fr.). Paris, Gauthier-Villars et Cie, éditeurs,* 1915.

Ce très intéressant ouvrage n'est pas un Recueil de problèmes dans le sens habituel du mot. Il n'y faut pas non plus chercher un exposé systématique de la science du mouvement, malgré le mot *Leçons* qui figure dans le titre. Cette constatation est loin de constituer une critique; la difficulté qu'on peut éprouver à cataloguer un tel livre est justement la marque du caractère d'originalité qu'il présente. Je serais volontiers tenté d'y voir la manifestation d'un esprit très actif, passionné pour l'enseignement dont il a la charge, et qui veut réagir contre l'inaction forcée à laquelle les événements le condamnent. A la parole verbale, il supplée par la parole imprimée. Le lecteur devient un auditeur, et l'auteur est un conférencier, possédant à fond son sujet, sachant à la fois instruire et charmer.

Ce qui me fortifie dans cette hypothèse, c'est, à la fin de sa très courte préface, le remerciement adressé par l'auteur à M. Gauthier-Villars pour avoir bien voulu, en imprimant ce livre, « accueillir le vœu d'un proscrit ».

Il nous est impossible, en effet, d'oublier que c'est à Lille que M. de Montessus exerçait son enseignement, et de penser sans un serrement de cœur au sort actuel de la grande cité flamande.

En attendant le jour où il remontera dans sa chaire, jour que nous espérons prochain, les amis de la science doivent être reconnaissants à l'éminent professeur de leur avoir apporté les *Exercices et Leçons.*

Comme on va le voir par le rapide exposé qui suit, l'auteur a une prédilection manifeste pour les applications du Calcul intégral à la Mécanique et pour ce calcul lui-même.

Les *Exercices et Leçons* comprennent trois divisions principales : Statique, Dynamique des systèmes; Les intégrales elliptiques dans le domaine réel. — Cette troisième partie est modestement intitulée Note, bien qu'elle comprenne environ 60 pages.

Les deux chapitres de la première partie traitent des centres de gravité et de la théorie de l'attraction. Les centres de gravité de lignes, d'aires et de volumes sont successivement étudiés. Un certain nombre de problèmes sont traités comme exemples; et d'autres, en plus grand nombre, sont proposés au lecteur comme exercice. Il en est de même, d'ailleurs, pour la deuxième partie (Dynamique).

Nous croyons pouvoir signaler au lecteur (page 18), comme réellement nouvelle, la recherche du centre de gravité de l'aire d'un demi-ellipsoïde.

On lira aussi avec grand intérêt le chapitre II, contenant, accompagnée de nombreuses applications, la théorie de l'attraction et du potentiel en une quarantaine de pages substantielles.

En Dynamique, (2e partie), les principaux sujets étudiés sont les suivants: Moments d'inertie; Travaux virtuels : Principe de l'Alembert; Equations de Lagrange; Mouvements : d'un corps solide; d'un corps solide autour d'un point fixe; des systèmes matériels; Stabilité de l'équilibre; Petits mouvements; Chocs et Percussions.

Sur cette dernière théorie, le mode de présentation nous paraît nouveau et très original. Il repose essentiellement sur la classification des liaisons en quatre catégories suivant les périodes où elles existent, savoir: *avant* le choc (a); *pendant* (p); *après* (α). Les symboles ($ap\alpha$), ($p\alpha$), (ap), (p) peuvent figurer les quatre classes de percussions possibles.

Quant à l'étude des Intégrales elliptiques dans le domaine réel, qui termine le volume, elle se divise en deux chapitres bien distincts. Dans le premier on s'occupe des intégrales de Legendre-Abel, c'est-à-dire surtout des fonctions sn, cn, dn. La méthode de réduction indiquée p. 297 semble plus simple que celle employée généralement dans les cours classiques; on la doit à M. Mansion.

Enfin, le second chapitre traite les fonctions p (u), σ (u), ζ (u) et aussi de la fonction Z (u) d'Hermite. Ce qui caractérise cet exposé sommaire de la théorie des fonctions elliptiques, c'est le souci de se confiner dans le domaine réel, comme l'indique le titre de la Note. Et cette préoccupation vient de ce que les fonctions étudiées ne le sont ici qu'en vue de leurs applications à la science du mouvement.

En résumé, nous croyons que tous les élèves qui veulent étudier sérieusement la Mécanique analytique tireront grand profit du livre de M. de Montessus, et que les professeurs qui enseignent cette science y pourront trouver des indications fort utiles.

C. A. Laisant,
Docteur ès sciences mathématiques.

2° Sciences physiques

Molina (Rodolfo), *Député au Parlement italien, membre de la Commission consultative des Explosifs au ministère de l'Intérieur.* — **Esplodenti e modo di fabbricarli.** *3e édition, revue et considérablement augmentée. — 1 vol. in-8° de XXXII-409 p. de la collection des* Manuels Hoepli. *(Prix cart. : 4,50 lire). U. Hoepli, éditeur, Milan,* 1915.

A un moment où il se fabrique journellement des milliers de tonnes de poudres et explosifs, la publication de la troisième édition de ce petit manuel est de circonstance.

Dédié « aux nobles et valeureuses troupes italiennes de terre et de mer », il contient, sous une forme claire et concise, l'histoire, la fabrication et les propriétés balistiques de toutes les matières destinées à confectionner les munitions de toute nature des belligérants.

Le volume comprend trois livres : le premier est uniquement consacré à l'histoire des poudres : poudre noire, poudres à la nitrocellulose et à la nitroglycérine, pour se terminer par l'histoire de la légende de sainte Barbe.

Dans le second livre, après avoir passé en revue toutes les matières premières, salpêtre, soufre et charbon, qui entrent dans la composition de la poudre noire, l'auteur donne la préparation des différentes formes qu'elle revêt ainsi que leurs propriétés balistiques.

Le livre le plus important du manuel a trait aux poudres et aux explosifs modernes.

Dans un premier chapitre, M. Molina donne la formule d'une série de poudres et d'explosifs qu'il considère comme des dérivés de la poudre noire. Tous ont, en effet, pour base un nitrate alcalin ou alcalino-terreux mélangé à un ou plusieurs corps combustibles.

La préparation des nitro-celluloses comprend tout le second chapitre. Comme le coton-poudre constitue actuellement la base de toutes les poudres propulsives en usage, l'auteur s'étend longuement sur sa production, sa composition, ses caractères et les épreuves auxquelles on doit le soumettre avant de le faire entrer dans la composition des poudres.

Après la fabrication du fulmi-coton, M. Molina aborde dans le même esprit celle de la nitroglycérine. Elle fait l'objet du troisième chapitre, à la suite duquel se trouvent les multiples formules connues des dynamites, des dynamites-gommes, des grisoutites, etc.

Les explosifs nouveaux et les fulminates sont ensuite minutieusement décrits dans un quatrième chapitre, où l'auteur aborde successivement la préparation de l'acide picrique et des différents mélanges auxquels il se prête, de la crésylite, de la tolite, des picrates, de la panclastite, etc...

Quelques pages de ce chapitre sont consacrées aux explosifs, fulminates, azotures... qui servent d'amorce.

Une partie importante du volume comprend la fabrication des poudres sans fumée : poudre B (vieille), ballistite, cordite, etc..., dont la composition varie non seulement avec chaque nation, mais encore suivant les emplois auxquels ces poudres sont destinées.

Pour terminer, nous devons mentionner un appendice où il est question de l'emploi de l'air liquide comme explosif.

En résumé, le petit manuel de M. Molina, édité avec un soin particulier par la maison Ulrico Hœpli de Milan, donne un aperçu fidèle de toutes les matières qui, dans le temps présent, sont employées, soit pour charger nos engins de guerre, soit pour l'exploitation minière. Ecrit dans un italien sobre et élégant, il est facile à lire, même par ceux auxquels la belle langue de Dante n'est pas familière.

A. Haller,
Membre de l'Institut.

3° Sciences naturelles

Lee (W. T.), **Stone** (R. W.), **Gale** (H. S.), etc.; — **Guidebook of the Western United States.** *Part. B :* **The Overland Route,** *with a side trip to Yellowstone Park. (Bulletin* 612 *de l'United States Geological Survey). — 1 vol. in-8° de 244 p. avec 20 fig., 50 pl. et 25 cartes hors texte. (Prix : 1 dollar). Government Printing Office, Washington,* 1915.

Darton (N. H.), etc. — **Guidebook of the Western United States.** *Part C :* **The Santa Fe Route,** *with a side trip to the Grand Canyon of Colorado. (Bulletin* 613 *de l'United States Geological Survey). — 1 vol. in-8° de 194 p. avec 40 fig., 42 pl. et 24 cartes hors texte. (Prix : 1 dollar). Government Printing Office, Washington,* 1915.

La région des Montagnes-Rocheuses, qui couvre toute la partie occidentale des Etats-Unis, attire de plus en plus les touristes, américains d'abord, européens ensuite. De nombreux guides ont paru à leur usage, mais ceux que vient de publier le Service géologique des Etats-Unis se distinguent tout particulièrement par leur caractère scientifique et éducatif.

Le but de ces volumes est d'attirer l'attention du voyageur sur les traits essentiels des paysages qu'il rencontre sur son chemin, d'en expliquer l'aspect actuel par l'histoire passée, et aussi de montrer comment le développement pastoral, agricole, minier ou industriel des régions traversées se relie à leur constitution physique et géologique. A cet effet, le Service géologique des Etats-Unis a puisé dans la masse de travaux accumulés depuis plusieurs décades par ses attachés, et il en est résulté des publications d'une grande valeur descriptive et explicative.

Les quatre guides actuellement parus suivent dans leur exposé le trajet des trois plus importantes lignes de chemin de fer qui vont des plaines du Mississipi aux côtes du Pacifique, au nord, au centre et au sud, et celui de la ligne qui traverse du Nord au Sud toute la région côtière du Pacifique[1]. Des cartes au 1/500.000e en couleurs, avec courbes de niveau et indication des principaux terrains et accidents géologiques, représentent toute la route parcourue, et des figures au trait ainsi que de magnifiques planches hors texte en simili-gravure illustrent la description des régions les plus intéressantes.

Ajoutons que le bon marché de ces guides les met à la portée de tous. Il est rare de voir réunies une telle abondance de documentation autorisée et une telle richesse d'illustration cartographique et picturale pour un prix aussi modique. Louis Brunet.

Papageorghiou (Pel.), *Directeur de la Société royale d'Agriculture de Grèce.* — **Agricultural Greece.** — *Publication de la Section grecque de l'Exposition internationale de San Francisco* (1915). — *1 br. de 92 p. avec 5 cartes hors texte. Imprimerie de la Hestia, Athènes,* 1915.

Cette publication correspond à la participation du Département de l'Agriculture d'Athènes à l'Exposition de San Francisco. Elle se justifie par l'importance de l'agriculture dans l'économie nationale de la Grèce; elle montre en même temps les progrès et l'évolution scientifique de l'exploitation agricole du sol dans ce pays, qui fournit près d'un demi-milliard de francs de produits annuels. Après avoir exposé les diverses conditions climatiques, agrologiques, et les systèmes d'économie rurale adoptés, l'auteur donne une monographie générale des principales cultures, de l'élevage, des industries agricoles.

Des éléments statistiques nouveaux qu'il apporte, nous donnons ici quelques extraits : la production en céréales atteint une valeur annuelle de 138 millions de francs (blés 92, maïs 26, orge 13,9); la vigne donne en moûts ou en raisins pour 102 millions de francs; puis viennent les olives (77, dont 66 pour l'huile), le tabac (13,3), les figues (5,5), les cotons (3,6), etc... Les brebis et les chèvres donnent pour près de 50 millions de francs de produits.

L'élevage porte sur 3.546.000 ovins, 2.638.000 chèvres, 300.000 bovidés, 228.000 porcs, 213.000 ânes ou mulets, 149.000 chevaux. Notons aussi 259.000 ruches dont les produits sont en partie exportés.

Tous les chiffres précédents se rapportent à la vieille Grèce d'avant 1912. Dans les territoires annexés, le tabac représente une valeur annuelle de 70 millions de francs. L'Administration escomptait que d'ici quelques années la production de la Grèce aurait pu doubler grâce aux progrès des méthodes et à l'expansion en Macédoine et en Epire.

Mais que sera demain dans les Balkans ?

Les cartes agronomiques sont bien conçues et sortent d'une imprimerie d'Athènes.

La Thessalie et la Macédoine y apparaissent riches en céréales, et surtout en tabac, vers Serres et Cavala.

De Corfou à Sparte se trouvent les plus grands vignobles. Les îles de Mytilène, Corfou, la Crète et le sud-ouest du Péloponèse fournissent le plus d'olives.

Les terres du nord de la nouvelle Grèce sont aux rives ensoleillées et sèches de la Péninsule ce qu'est la partie septentrionale de la France par rapport à la Provence. L'expansion récente de la Grèce représente en fait un accroissement considérable de possibilités agricoles.

Edmond Gain,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy,
Directeur de l'Institut agricole et colonial.

1. Nous n'avons eu entre les mains que deux de ces volumes, dont les titres figurent en tête ; les deux autres ont pour titre : Part A, Northern Pacific Route, with a side trip to Yellowstone Park; Part D, Shasta Route and Coast Line. Ils forment les Bulletins 611 et 614 du Service géologique des Etats-Unis.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 24 Janvier 1916

1° Sciences physiques. — M. **T. Peczalski** : *Equivalence mécanique de la lumière d'une lampe à incandescence.* L'auteur opère de la façon suivante : une lampe à filament de tantale est introduite à l'intérieur d'un ballon en verre épais, rempli d'une solution de $CuCl^2$ dans l'eau, qui sort du ballon par un mince tube gradué. Le ballon est plongé dans un vaste bain d'eau à température sensiblement constante. On allume alors la lampe : la plus grande partie des rayons émis par le filament est absorbée par la solution, qui se dilate sous l'influence de l'élévation de température; on mesure l'ascension du liquide dans le tube. On retire ensuite la lampe et on la plonge dans un vernis noir qui, en séchant, forme une couche opaque sur les parois de la lampe; puis on répète l'expérience dans les mêmes conditions que précédemment. Si w est l'énergie consommée par seconde par la lampe non noircie et produisant une certaine ascension de la colonne liquide, et w' l'énergie consommée par la lampe noircie et provoquant la même ascension, $w-w'$ représente l'énergie qui passe par seconde à travers la solution. Par cette méthode, l'auteur a trouvé que 1 lumen vaut environ 5 ergs par seconde; il a pris comme limites de sensibilité de l'œil les longueurs d'onde 0 et 0,65 μ. — M. **L. Maquenne** : *Action comparée du saccharose et du sucre interverti sur la liqueur cupropotassique.* L'auteur a reconnu que la durée de la chauffe, comme la température, n'a qu'une faible influence sur la réduction de la liqueur cupropotassique par le sucre interverti; pour le saccharose, au contraire, l'influence de ces deux facteurs est considérable. L'auteur déduit de ses recherches la règle suivante : tout sucre qui, à la dose de 10 grammes pour 36,2 cm³, donne en 10 minutes, à 65°, une réduction dont le double surpasse d'une division ou davantage celle qu'il fournit dans les mêmes conditions en 20 minutes, est un sucre qui contient de l'interverti.

2° Sciences naturelles. — M. **Marage** : *Mesure de l'acuité auditive des surdités vraies et simulées.* L'auteur montre que, dans certaines régions, on réforme des sourds qui auraient été pris dans un conseil de revision, et inversement on maintient au régiment, ou on traite de simulateurs, des hommes dont la surdité est absolument certaine pour qui sait les examiner. Il s'ensuit une perte d'hommes pour l'armée et des dépenses en pensions de retraite qui pourraient être évitées. Le seul acoumètre précis actuellement est celui de l'auteur, qui permet de dépister les simulateurs, car à chaque lésion correspond une courbe spéciale d'acuité auditive. — M. **P. Bazy** : *Sur le tétanos tardif.* L'auteur déduit des observations qui lui ont été communiquées les conclusions suivantes : le tétanos tardif s'est montré chez des blessés qui avaient reçu une injection préventive de sérum antitétanique comme chez ceux qui n'en avaient pas reçu. Il a pu se montrer 50 jours après la blessure sans qu'on puisse incriminer une contamination au cours du traitement. Il est apparu dans un cas de gelure des pieds. La condition la plus fréquente a été le réveil de phénomènes infectieux soit survenus en apparence spontanément, soit provoqués par des interventions. Le tétanos tardif est moins grave que le tétanos précoce, bien que souvent mortel. Toutes les fois qu'on a affaire à une plaie suppurante, il est donc indiqué de répéter les injections de sérum antitétanique pendant un mois. — MM. **A. Policard, B. Desplas** et **A. Phélip** : *Recherches biologiques sur les plaies de guerre. La flore microbienne et ses rapports avec l'évolution clinique et les caractères de la blessure.* Les auteurs concluent de leurs recherches que, si les germes jouent, dans l'évolution d'une plaie, un rôle certain, ce rôle est loin d'être le plus important. L'élément essentiel qui commande la destinée d'une blessure, c'est la présence, au niveau de la plaie, de débris mortifiés en voie de protéolyse. Ces matières protéiques en désintégration donnent naissance à des corps multiples : polypeptides, corps aminés, etc., qui constituent des milieux de culture excellents pour les germes et sont par eux-mêmes des toxines puissantes. Ces constatations expliquent le bon effet pratiquement constaté depuis le début de la guerre des thérapeutiques qui réalisent : 1° soit l'enlèvement mécanique des tissus en voie de mortification; 2° soit leur dissolution, par exemple à l'aide des hypochlorites; 3° soit leur immobilisation biologique, par action de substances qui les rendent imputrescibles (formol, etc...). — M. **M. Dalloni** : *Le Sénonien du Tell oranais.* Dans la zone de l'Atlas, le Sénonien est représenté dans la province d'Oran par une succession puissante, mais très uniforme, de sédiments, offrant dans l'ensemble le facies bien connu des marnes et calcaires à Inocérames; il repose directement sur le Cénomanien et comprend les étages santonien, campanien et maestrichtien; il est recouvert par le Nummulitique. — M. **Stan. Meunier** : *Observations nouvelles sur la structure des fers météoriques de Cañon Diablo (Arizona).* L'auteur a retrouvé, dans la masse ordinairement si confuse des fers de Cañon Diablo, des sphénomes isolés, quelquefois parallèles entre eux, et même des portions de grils ressemblant à ceux du fer de Caille. On constate des apparences analogues chez des fers météoriques à figures régulières qui ont été chauffés au feu de forge et martelés ou laminés à haute température. Ces observations viennent à l'appui de l'hypothèse de MM. Barringer et Tilghman, d'après laquelle le cratère du Mont Coon, dans lequel et au bord duquel ont été trouvées les météorites de Cañon Diablo, aurait été creusé par le choc du bolide. La température et la pression produites par ce choc auraient donné au fer de ces météorites sa structure particulière.

Séance du 31 Janvier 1916

M. le Président annonce le décès de M. **G. Baccelli**, correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie, et de M. **Ed. Heckel**, correspondant pour la Section d'Economie rurale.

1° Sciences physiques. — M. **A. Perot** : *Sur une méthode d'observation des coïncidences de deux phénomènes périodiques.* Lorsque deux phénomènes périodiques, de périodes légèrement différentes, peuvent être utilisés à fermer deux contacts électriques, il est possible, en écoutant les sons produits dans deux téléphones par la charge de deux condensateurs, d'estimer facilement à l'oreille la concordance des sons produits, et de déterminer l'époque de la coïncidence des deux phénomènes avec une approximation de 1/1000ᵉ de seconde. En perfectionnant cette méthode, l'auteur a pu mettre en évidence des durées inférieures à 1/250.000ᵉ de seconde. La méthode est particulièrement applicable à la détermination des époques de coïncidence des pendules astronomiques. Elle se prête à l'enregistrement. — M. **H. Devaux** : *Sur la présence d'un enduit anti-mouillant à la surface des particules de sable et de terre végétale.* L'auteur a constaté que le sable sec ou légèrement humide (0,5 %), répandu sur une surface d'eau, flotte en grande partie, tandis que le sable mouillé est immédiatement submergé. L'examen des grains qui flottent montre qu'ils sont incomplètement mouillés, par suite probablement de la présence à leur surface d'un enduit anti-mouillant. Cette hypothèse se vérifie de deux

façons : 1° le sable calciné ne donne lieu à aucune flottaison, la chaleur ayant détruit son enduit; 2° le sable sec ou légèrement humide, projeté sur une surface d'eau bien propre sur laquelle on a répandu un nuage de poudre de talc, écarte fortement cette poudre, ce qui est l'indice qu'une substance étrangère à faible tension superficielle est abandonnée par le sable à la surface de l'eau [1]. Le sable mouillé produit d'ailleurs le même phénomène. Ainsi chaque grain de sable est recouvert d'un enduit anti-mouillant, auquel se superpose, lorsque l'humidité est suffisante, une couche concentrique d'eau.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Laveran** : *Infections expérimentales de la souris par la* Leishmania tropica; *un cas d'infection par la voie digestive.* L'auteur a observé pour la première fois un cas d'infection produite chez la souris par ingestion de cultures de *Leishmania tropica*, agent du bouton d'Orient; on ne connaissait que deux cas d'infection digestive de singes par la *L. Donovani*, agent du kala-azar. La transmission par la voie digestive des leishmanioses n'a d'ailleurs rien qui puisse surprendre; des infections produites par des Protozoaires appartenant aux Flagellés peuvent se transmettre ainsi. — M. **H. Grosheintz** : *Sur une installation permettant la javellisation de la totalité de l'eau de la conduite municipale de la ville de Thann.* L'appareil à javelliser consiste en une toute petite pompe dont le piston est accouplé d'une façon immuable à celui de la grande pompe élévatoire qui alimente la conduite municipale, de sorte qu'un coup de piston de la pompe élévatoire entraîne forcément un coup de piston de la petite pompe. Le refoulement de la petite pompe injecte l'hypochlorite de chaux à 7° B., dans la proportion d'une goutte par litre d'eau pompée, au sortir des soupages de refoulement de la grande pompe, ce qui produit un brassage immédiat et très intime de l'hypochlorite et de l'eau pompée. Tandis que l'eau non javellisée contenait 1 million de germes au cm³, l'eau javellisée n'en contenait plus que 200 à 300. Il y a un petit excès de chlore, mais sans inconvénient. — MM. **F. Jadin** et **A. Astruc** : *Le manganèse dans quelques sources du massif alpin.* Les sources minérales du massif alpin semblent s'écarter à la fois des eaux du massif central et du massif vosgien, en ce qui concerne leur teneur en manganèse; moins riches que les premières, elles le sont cependant plus que les secondes, d'une façon générale. La présence du fer influe, comme toujours, d'une façon particulière sur la teneur de l'eau en Mn.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 18 *Janvier* 1916

M. le Président annonce le décès de M. **R. Engel**, correspondant national.

MM. **S. Pozzi** et **Agasse-Lafont** : *De la pyoculture. Etude critique, d'après l'analyse de 28 cas.* L'étude attentive des 28 cas apportés par les auteurs leur a montré que la technique de la pyoculture proposée par M. Delbet (t. XXVI, p. 417) est imprécise et défectueuse. D'autre part, ils ont constaté qu'il est loin d'y avoir toujours concordance entre les résultats de la pyoculture et les indications opératoires, vérifiées par l'évolution de la maladie. Les cas pour lesquels les résultats de la pyoculture paraissent en accord avec l'étude au lit du malade sont dus, sans doute, soit à des erreurs d'interprétation, soit à des coïncidences fortuites. L'intervention opératoire peut donc être égarée, plutôt que guidée par cette méthode nouvelle. — MM. **G. Battez** et **R. Desplats** : *Excitabilité et conductibilité dans les traumatismes du nerf par blessures de guerre.* De l'observation de 80 cas, les auteurs concluent que : 1° la réaction de conductibilité faradique n'existe jamais dans un nerf sectionné; 2° l'existence de cette réaction implique toujours que la continuité du nerf est respectée; 3° cette réaction persiste souvent alors que toute conduction volontaire a disparu; 4° l'absence de cette réaction n'implique pas nécessairement une section nerveuse. — MM. **L. Rousset**, **M. Brulé**, **L. Barat** et **A. Pierre Marie** : *Recherches bactériologiques sur les bières des Flandres.* II. Les auteurs confirment leurs premières constatations (voir t. XXVI, p. 659) sur la pullulation du colibacille dans certaines bières des Flandres. Il est possible d'améliorer la qualité de celles-ci par quelques précautions : le choix d'un bon moût, une fermentation vigoureuse pouvant fournir une bière pure en partant d'un brassin riche en colibacilles ; — le nettoyage attentif des réfrigérants ; — enfin l'épuration des levures. Le lavage difficile des levures de fermentation haute peut être facilité par l'addition à l'eau de lavage de 2 % d'acide acétique, qui entraîne la précipitation immédiate des levures sans en altérer la vitalité.

Séance du 25 *Janvier* 1916

M. **P. Delbet** : *Renseignements et indications fournis par la pyoculture.* Des 660 pyocultures faites par l'auteur, il croit pouvoir tirer les indications suivantes : 1° dans les infections polymicrobiennes, la pyoculture, si elle est élective, indique l'agent principal de l'infection, ce qui peut être fort utile pour la préparation des vaccins; 2° dans certains cas de blessures multiples, elle indique laquelle est cause des troubles généraux, ce qui ne ressort pas toujours de la clinique; 3° dans les vieilles plaies ou fistules, une pyoculture positive et abondante indique qu'il faut être ménager des interventions qui, en rompant la barrière de défense, pourraient ouvrir à l'infection la porte de l'organisme partiellement fermée; 4° dans les plaies récentes, une pyoculture négative, nulle ou très légèrement positive commande de s'abstenir de toute thérapeutique capable de troubler les défenses naturelles. Une pyoculture positive, mais peu abondante, comporte un pronostic réservé, mais non grave. Une pyoculture positive abondante comporte un pronostic grave: d'autant plus grave qu'elle est plus abondante et que l'espèce microbienne est plus dangereuse. Mais, si abondante qu'elle soit, elle ne commande jamais par elle-même l'amputation.

Séance du 1er *Février* 1916

M. le Président annonce le décès de M. **Ed. Heckel**, correspondant national.

M. **F. Roux** : *Les injections intra-veineuses de quinine basique, à très faibles doses, dans la fièvre paludéenne.* L'auteur a cherché à éviter les accidents dus à l'administration de la quinine chez beaucoup de personnes. Il a reconnu que l'injection de doses très faibles de quinine basique, à l'état de pseudo-solution, par voie intraveineuse, peut combattre efficacement et rapidement l'accès de paludisme et, très probablement, l'infection paludéenne. — M. **L. Mac-Auliffe** : *Goitre, crétinisme et myxœdème dans les Hautes-Vosges.* L'auteur, au cours d'un séjour de 17 mois dans les Hautes-Vosges, a constaté la fréquence, dans la population autochtone, du goître et des états somatiques et psychopathiques qui semblent en relever. La région étudiée s'étend de Saulxures aux sources de la Moselotte, d'une part, et de Cornimont au col d'Oderen, de l'autre. Sur 2311 enfants examinés, de 2 à 15 ans, 288 présentaient une hypertrophie très marquée du corps thyroïde, 18 étaient porteurs de goitres volumineux, 4 étaient myxœdémateux, 3 étaient des crétineux, 2 des semi-crétins. Les eaux de boisson de la région sont froides, mal aérées et très peu minéralisées; elles ne contiennent ni brome, ni iode, et proviennent exclusivement de terrains granitiques, avec faible couche d'humus; il n'a pas été possible d'en faire l'étude microscopique. Les mariages consanguins, envisagés comme l'une des causes de la dégénérescence crétineuse, sont exceptionnels dans la région; les villages y sont sains et propres en général.

1. H. Devaux : Les lames d'huiles étendues sur l'eau et le mercure. *Rev. gén des Sciences* du 28 février 1913.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 22 Janvier 1916

MM. Ch. Hollande et J. Beauverie : *Survie et phagocytose de leucocytes en milieu urinaire et en dehors de l'organisme.* Les auteurs ont rencontré dans une urine à réaction acide, riche en substances albuminoïdes, des leucocytes polynucléés neutrophiles vivants. Ces leucocytes, en dehors de l'organisme et à la température du laboratoire, sont capables d'incorporer dans leur protoplasma des éléments étrangers se trouvant accidentellement dans l'urine, tels que : levures, bactéries et grains d'amidon ou de carmin. Cette phagocytose peut s'effectuer 10 heures après l'émission d'urine, les leucocytes demeurant encore vivants. L'action phagocytaire n'est pas due à une augmentation des sels de magnésie dans l'urine, mais paraît plutôt devoir s'effectuer par suite de la présence des substances albuminoïdes du sang peu ou pas modifiées. — **MM. E. Weill et G. Mouriquand** : *L'alimentation exclusive et la carence alimentaire.* Les auteurs ont reconnu qu'une alimentation exclusive n'est pas obligatoirement nocive, comme on l'admet généralement, et ne le devient que dans des conditions déterminées : décortication ou stérilisation des céréales (pigeon), stérilisation de la viande (chat). Cette décortication ou stérilisation enlève à ces aliments des substances vitales, ou ferments, qui, à des doses infinitésimales, assurent l'assimilation et l'utilisation des substances alimentaires ordinaires. C'est la suppression de ces substances, et non l'exclusivité alimentaire, qui, dans les expériences des auteurs, semble au premier chef responsable des troubles par carence et de la mort. — **M. L. Nègre** : *Infections à bacilles pseudo-dysentériques en Algérie.* L'auteur a trouvé dans les affections intestinales en Algérie toute une série de germes qui paraissent s'échelonner entre le bacille dysentérique (type Flexner) et le *B. Coli.* Un groupe paraît devoir être classé parmi les bacilles dits pseudo-dysentériques, par la propriété de faire virer la gélose lactosée tournesolée, de faire fermenter le lactose avec dégagement de gaz, de faire éclater légèrement la gélose au rouge neutre et de coaguler le lait. Les autres races, qui présentent moins nettement ou incomplètement ces caractères, paraissent former un groupe de transition entre le bacille dysentérique type Flexner et les pseudo-dysentériques. — **MM. L. Léger et O. Duboscq** : *Sur les mitochondries du Balantidium elongatum.* Si l'on colore les coupes de cet organisme par la méthode de Regaud ou celle de Benda, on voit, immédiatement au-dessous de la couche alvéolaire de l'ectoplasme, par conséquent dans le plasma cortical, de nombreuses mitochondries bacilliformes, véritables chondriocontes qui peuvent dépasser 3μ de longueur. Ils sont rectilignes ou arqués et se divisent à tous les moments de la vie de l'infusoire en 2 ou 3 segments. — **M. André-Thomas** : *La forme de la contraction idio-musculaire dans les lésions des nerfs périphériques. La décontraction lente. Mécanoréaction de dégénérescence.* La contraction idio-musculaire d'une fibre nerveuse en voie de dégénérescence, examinée plusieurs semaines après la section du nerf, se prolonge beaucoup plus qu'à l'état normal; elle est ralentie. C'est surtout la décontraction qui se prolonge outre mesure; parfois même, le muscle paraît rester quelques secondes en tétanisation. Ce phénomène de la décontraction lente a été constaté par l'auteur dans toutes les paralysies consécutives aux lésions des nerfs périphériques, lorsque les muscles sont en voie de dégénérescence. Il a une grande importance au point de vue du diagnostic et du pronostic. — **MM. Ed. Retterer et H. Neuville** : *De la morphologie de la rate des Cétacés.* La rate des Delphinidés se distingue : 1° par son peu de développement eu égard au corps de l'animal; 2° par la segmentation de la masse splénique qui, le plus souvent, se compose de lobes multiples complètement distincts. — **MM. H. Chabanier et E. Ibarra-Loring** : *Nouveaux documents concernant l'étude des lois numériques de la sécrétion rénale de l'urée.* Les auteurs ont vérifié expérimentalement les lois numériques de la sécrétion rénale de l'urée formulées par Ambard : 1° lorsque le rein débite l'urée à concentration constante, le débit varie proportionnellement au carré de la concentration de l'urée dans le sang; 2° lorsque la teneur en urée du sérum est constante, le débit de l'urée est inversement proportionnel à la racine carrée de la concentration de l'urée dans l'urine. — **M. Et. Rabaud** : *Le phénomène de la « simulation de la mort ».* L'auteur a reconnu que le phénomène de la simulation de la mort chez les Arthropodes ne résulte jamais d'une influence sensorielle; l'immobilité provient toujours, au contraire, d'un réflexe dont le point de départ est indépendant des organes de la sensibilité spéciale; le réflexe peut être provoqué par une secousse ou un choc portant sur des zones sensibles localisées, variables d'une espèce à l'autre. La durée de l'immobilisation varie avec les espèces de quelques minutes à plusieurs heures; elle peut être provoquée plusieurs fois de suite. Quelle que soit la durée normale de l'immobilisation, celle-ci peut toujours être interrompue, et l'animal rendu à l'activité, par une excitation nouvelle, déterminant un réflexe antagoniste à point de départ localisé et d'effet irrésistible. Les deux réflexes sont dans une large mesure indépendants des centres céphaliques.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 21 Janvier 1916

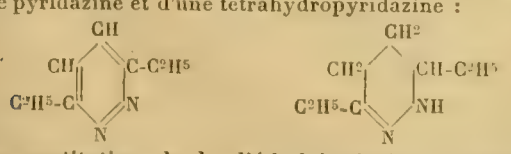
M. E. Branly : *Essai d'interprétation de la conductibilité intermittente des radio-conducteurs.* Les contacts imparfaits, sensibles aux courants alternatifs de haute fréquence et utilisés comme récepteurs en télégraphie sans fil, consistent en deux surfaces conductrices qui comprennent entre elles un mince intervalle isolant. Ils ont été, au point de vue de leur fonctionnement, l'objet de plusieurs essais d'interprétation. Dans l'ensemble, quelles que soient les formes sous lesquelles diverses théories ont été présentées, on ne peut concevoir que deux alternatives; l'auteur les a formulées dès 1891. Ou bien l'isolant interposé entre les deux surfaces conductrices subsiste après l'influence passagère des courants de haute fréquence et il est alors devenu lui-même conducteur ; ou bien, cet isolant a disparu en certains points, parce que des étincelles, jaillissant entre les deux conducteurs en regard qu'il séparait, ont entraîné un peu de matière et assuré leur contact direct. En variant les conditions de la formation de ces contacts sensibles et en opérant spécialement sur des contacts uniques, M. Branly avait été amené à considérer les phénomènes observés sur un contact imparfait, à l'occasion d'une décharge de condensateur, comme particuliers à la conductibilité de couches diélectriques de très faible épaisseur comprises entre deux surfaces conductrices. Cette opinion ne fut pas favorablement accueillie, peut-être parce qu'elle paraissait ne pas répondre aux propriétés attribuées aux corps isolants ; aussi l'explication qui supprime tout rôle de l'isolant, en faisant intervenir une soudure due à des étincelles, fut adoptée, quand elle fut plus tard soutenue par Lodge. Les termes *cohéreur, cohérer, décohérer,* qui dérivent de cette explication, contribuèrent à la vulgariser rapidement. Les caractères de la conductibilité obtenue n'ont cependant paru à l'auteur à aucun moment s'accorder avec la suppression de l'isolant. D'abord, même après un usage prolongé et d'innombrables répétitions d'étincelles et de chocs, on ne voit pas apparaître sur les surfaces conductrices de traces de matière entraînée; en outre, c'est lorsqu'une faible conductibilité directe par un courant continu a été reconnue qu'on peut le mieux compter sur une facile influence à distance des courants de décharge de condensateur, et le choc agit aussi bien sur la première conductibilité que sur la seconde. Il était probable que, tant qu'on opérerait sur des

couches isolantes imperceptibles dont l'existence n'était admise que parce qu'elle était nécessaire, une démonstration complète serait difficile; aussi M. Branly a-t-il été satisfait de constater qu'on ne changeait pas les propriétés électriques essentielles de la mince couche isolante en augmentant son épaisseur au point de la rendre aisément *mesurable*. Il a employé des lames isolantes dont l'épaisseur était habituellement comprise entre $\frac{1}{100}$ et $\frac{1}{200}$ de millimètre, c'est-à-dire entre 10μ et 5μ. Les conditions d'étude sont devenues plus avantageuses. D'abord, une telle épaisseur comprise entre deux surfaces conductrices rendues *parfaitement planes* garantit, même dans le cas d'un gaz, contre tout contact direct des conducteurs qu'elle sépare. Pour une faible pression exercée sur un système de deux disques métalliques entre lesquels est interposée une mince lame isolante, la conductibilité s'obtient encore aisément avec un courant continu; comme d'ailleurs la force électromotrice qu'il faut alors appliquer peut être réduite à 1 volt ou même à une fraction de volt, une étincelle directe ne pourra pas éclater entre les armatures du condensateur que les deux disques conducteurs forment avec la lame isolante. On constate que la conductibilité augmente progressivement avec la force électromotrice, et, tant que cette force électromotrice reste suffisamment faible, la conductibilité lui est sensiblement proportionnelle. D'après cela, bien que l'accroissement de conductibilité ne s'établisse qu'avec des oscillations qui accusent l'effort à exercer pour franchir l'obstacle opposé au courant, les caractères principaux de la conductibilité de la couche diélectrique sont comparables aux caractères de la conductibilité métallique. Avec les nouvelles épaisseurs, l'action à distance des courants oscillatoires de haute fréquence se manifeste à son tour, mais cette action exige des décharges beaucoup plus fortes que lorsque la lame isolante était excessivement mince. On serait peut-être alors tenté de craindre la production de très petites étincelles qui perceraient la lame isolante, mais on n'en constate pas les traces et le choc qui rétablit la résistance est parfois tellement minime, spécialement quand il s'agit d'une couche gazeuse, qu'il ne pourrait remplir le rôle qu'on lui prête dans la suppression du contact des disques. En dehors des renseignements que ce nouveau mode opératoire apporte sur le fonctionnement d'un contact imparfait en présence des courants alternatifs de haute fréquence, il permettra d'étendre l'expérimentation pour les substances isolantes en ce qui concerne leurs dimensions et les modifications qu'on leur fait subir. Cela peut conduire à la formation méthodique d'un détecteur en télégraphie sans fil et éclairer le mécanisme de la conductibilité électrique chez les minces couches isolantes et peut-être aussi chez les corps conducteurs eux-mêmes.

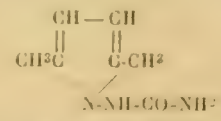
SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 14 Janvier 1916

M. E. E. Blaise : *Sur les dicétones-1 : 4 acycliques.* L'auteur communique les résultats qu'il a obtenus dans l'étude de l'action de l'hydrazine, de la phénylhydrazine et de la semicarbazide sur les dicétones-1 : 4 acycliques. L'hydrazine réagit sur l'acétonylacétone d'une manière anormale en donnant un composé déjà obtenu par Gray. Avec le dipropionyléthane, on obtient, au contraire, une réaction d'un caractère général. Mais, au lieu d'obtenir une dihydropyridazine, on obtient un mélange d'une pyridazine et d'une tétrahydropyridazine :



La constitution de la diéthyltétrahydropyridazine est établie par le fait qu'elle fournit un dérivé monobenzoylé. La phénylhydrazine réagit, au contraire, sur les dicétones-1 : 4 dans le sens pyrrolique. Avec l'acétonylacétone, on obtient le N-anilinodiméthylpyrrol. La constitution de ce corps a été établie par hydrogénation; celle-ci fournit, en effet, de l'aniline et l'$\alpha\alpha'$-diméthylpyrroline. La semicarbazide donne avec les dicétones-1 : 4 les disemicarbazones correspondantes, mais, si l'on dissout celles-ci dans l'acide formique cristallisable, il y a élimination d'une molécule de semicarbazide et formation d'un N-uréopyrrol :



La constitution des N-uréopyrrols a été établie par hydrogénation : cette dernière fournit, en effet, de l'urée et des pyrrolines. On peut également obtenir les N-uréopyrrols par action de l'acide isocyanique sur les N-aminopyrrols. Ceux-ci peuvent eux-mêmes se préparer facilement par action de la formylhydrazine sur les dicétones-1 : 4 et saponification ultérieure. De ces faits, il résulte que, seule, l'hydrazine libre conduit à des dérivés pyridaziniques, tandis que tous ses produits de substitution fournissent des composés pyrroliques.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 25 Novembre 1915

Sciences naturelles. — **M. E. W. A. Walker** : *La croissance du corps chez l'homme. Relations entre le poids et la longueur du corps.* L'auteur a recherché la relation qui existe entre la longueur du corps humain et son poids pendant la période de croissance. Par « longueur du corps » il entend celle de la partie constituée par la tête, le cou et le tronc, c'est-à-dire la distance qui sépare le sommet de la tête de la ligne joignant les tubérosités ischiales. Cette mesure correspond à la longueur du corps chez les animaux et a été choisie de façon à pouvoir comparer les résultats obtenus chez l'homme et chez ces derniers. Voici les constatations de l'auteur : 1° pendant la période de croissance, de la naissance à l'âge adulte, la relation entre le poids et la longueur du corps chez l'homme se conforme à la formule $l = k \cdot W^n$, où l est la longueur et W le poids; 2° chez l'homme, la valeur de n est de 0,33; chez la femme de 0,32; 3° la valeur de la constante k, déterminée sur des groupes d'individus, est de 23,23 pour les hommes et 25,60 pour les femmes; pour le jeune garçon, elle est en moyenne de 23,33 et pour la jeune fille de 25,58; 4° si la longueur du corps d'un individu diffère d'au moins 17 % de la valeur calculée par la formule, l'individu est certainement anormal; si elle diffère de plus de 12 %, il est probablement anormal. — **MM. M. Flack, O. W. Griffith et L. Hill** : *Mesure de la rapidité de la perte de chaleur à la température du corps par convection, radiation et évaporation.* Les auteurs ont étudié la vitesse de refroidissement d'une surface à la température du corps : 1° sèche, 2° humide, dans le but d'élucider les effets du climat et du chauffage et de la ventilation des pièces sur la santé et le confort. Ils emploient un grand thermomètre à alcool à gros réservoir, du type normal : le catathermomètre; d'après ses données, la vitesse de refroidissement peut être exprimée en millicalories par cm² et par seconde. La courbe reliant la vitesse de la perte calorifique totale dans l'air tranquille à l'excès de la température du corps sur celle de l'enceinte θ est une ligne droite, dont l'équation est $H = 0{,}27\,\theta$. Le facteur k de chaque catathermomètre peut être obtenu en déterminant dans l'air tranquille la vitesse de refroidissement à la température du corps et la température de l'air dans l'enceinte t; si le temps est de ψ secondes, $k = 0{,}27\,(36{,}5 - t)\,\psi$. Le refroidissement du catathermomètre sec dans l'air tranquille est indépendant de l'humidité de l'air. De la différence entre les lectures du réservoir sec et humide, on déduit le refroidissement par évaporation; il varie

avec l'humidité absolue, qu'on déduit des lectures du catathermomètre dans l'air tranquille. Le refroidissement par radiation a été étudié dans une enceinte en quartz ou en verre où l'on avait fait le vide. Les auteurs estiment qu'à la température ordinaire et dans l'air tranquille, le refroidissement par radiation est aussi important que par convection. Ils ont déterminé l'effet rafraîchissant du vent jusqu'à une vitesse de 320 kilomètres à l'heure; il est représenté par l'équation $H/\theta = 0,27 + 0,36\sqrt{v}$ jusqu'à la vitesse de 56 kilomètres à l'heure. — MM. **A. J. Brown** et **F. Tinker** : *La vitesse d'absorption de diverses solutions phénoliques par les graines d'*Hordeum vulgare, *et les facteurs contrôlant la vitesse de diffusion des solutions aqueuses à travers les membranes semiperméables.* On a montré antérieurement que les graines d'*Hordeum* (orge) sont renfermées dans une membrane qui présente la propriété exceptionnelle de la perméabilité différentielle. Quand on immerge les graines sèches dans des solutions aqueuses de la plupart des acides et sels inorganiques, sucres, etc., l'eau seule passe à travers la membrane, tandis que, pour d'autres classes de corps dissous : phénols, acides gras, mono-alcools, le corps dissous pénètre dans les graines avec l'eau. Pour élucider la nature de ce phénomène, les auteurs ont répété ces expériences avec une série de corps organiques voisins : phénol, catéchol, résorcinol, quinol et pyrogallol, qui tous traversent la membrane des graines d'orge en solution aqueuse. La vitesse de passage a été mesurée, ainsi que d'autres propriétés physiques importantes : pression osmotique, pression de vapeur, viscosité. Ces dernières ne présentent que de faibles variations et ne jouent aucun rôle important dans le passage à travers la membrane. Par contre, ces facteurs étant supposés constants, la vitesse de diffusion des corps ci-dessus à travers la membrane est inversément proportionnelle à leur tension superficielle. — M. **F. Kidd** : *L'influence de contrôle de l'acide carbonique.* III. *Effet retardateur de l'acide carbonique sur la respiration.* Des recherches précédentes ont montré que le stade de repos de la graine humide est principalement une phase d'autonarcose produite par le CO^2 des tissus. Ces recherches ont été continuées pour déterminer, si possible, le mécanisme de cette narcose. L'auteur a constaté d'abord que CO^2 cause un retard marqué de la respiration. Il provoque une diminution de la vitesse de production de CO^2 anaérobique ; quantitativement, cette diminution paraît proportionnelle à la racine carrée de la concentration sur un intervalle de 0 à 50 % de CO^2 sous une pression d'une atmosphère. Ensuite, l'action déprimante de CO^2 est également marquée dans le cas de la respiration aérobique normale, mesurée soit par la consommation d'O^2, soit par la production de CO^2. Ces résultats sont la preuve d'une relation génétique entre la production anaérobique et aérobique de CO^2 dans la respiration normale, la vitesse du processus anaérobique étant le facteur limitatif. Quand l'oxygène fourni est en déficit, CO^2 n'a pas d'effet retardateur sur l'oxydation.

Séance du 2 *Décembre* 1915

Sciences physiques. — M. **P. E. Shaw** : *Influence de la température sur la constante newtonienne de la gravitation.* L'auteur est parvenu à obtenir des lectures périodiques concordantes dans une expérience du type Cavendish sur la pesanteur, quoique les masses les plus grosses fussent maintenues pendant des heures au-dessus de 200°, tandis que les petites masses restaient à la température ordinaire. Ces recherches ont été poursuivies de jour et de nuit au centre d'une ville, malgré toutes les trémulations et le désavantage d'opérer avec une balance de torsion placée dans le vide. La conclusion de l'auteur est qu'il existe une influence thermique sur la pesanteur. Lorsqu'une grosse masse attire une petite, la force gravitationnelle entre elles augmente d'environ 1/500 quand la température s'élève de 15° à 215°; provisoirement, le résultat est égal à $1,2 \times 10^{-5}$ par degré C. Les lectures ne sont pas encore assez stables pour justifier l'assertion que la relation G/θ est linéaire. Ce résultat, quoique nouveau, n'est pas entièrement contraire aux expériences antérieures, car celles-ci faisaient prévoir un coefficient de température positif. Les expériences de pesée de Poynting et Phillips, qui donnèrent des résultats négatifs, ne sont pas strictement comparables à celles de l'auteur. Comme résultat accessoire, l'auteur a reconnu que des barreaux d'argent très purs, après avoir été chauffés à 130° et maintenus dans un champ magnétique puissant, sont magnétisés d'une façon permanente, quoique faible, et que la coercivité est considérable. — M. **G. I. Taylor** : *Le frottement du vent sur la surface terrestre.* Le frottement superficiel du vent par unité de surface terrestre peut être exprimé par la formule $F = K\rho Q^2$, Q étant la vitesse du vent près de la surface, ρ la densité de l'air et K une constante, qui sera la même que dans une expérience de laboratoire sur une petite plaque légèrement rugueuse pour des valeurs sensiblement égales de lV/ν (où l est une dimension linéaire du système, V la vitesse du fluide et ν la viscosité cinématique). Les expériences de l'auteur montrent que ces hypothèses se vérifient assez bien; le coefficient K n'augmente ni ne diminue avec la vitesse du vent, et le frottement sur la surface terrestre est bien proportionnel au carré de cette dernière. — MM. **S. A. Shorter** et **S. Ellingworth** : *Sur l'action émulsifiante du savon. Contribution à la théorie de l'action détergente.* Les expériences des auteurs ont été limitées à un seul composé, l'oléate de potassium, et ont toutes été exécutées à la température ordinaire. Voici les conclusions qui s'en dégagent : 1° l'alcali provenant de l'hydrolyse dans une solution de savon peut aider à la formation de la couche superficielle de savon en réagissant sur l'acide gras libre dans une huile; 2° l'activité superficielle de l'alcali provenant de l'hydrolyse, dans le cas d'huiles contenant de petites quantités d'acide gras libre, est beaucoup plus faible que celle du savon non décomposé; 3° l'activité superficielle de l'alcali libre dans la solution de savon est moindre que celle de l'alcali à la même concentration dans l'eau; 4° l'addition d'alcali à une solution de savon augmente l'activité superficielle du savon; 5° cet effet est beaucoup trop grand pour être expliqué par la suppression de l'hydrolyse; 6° pour les auteurs, cet effet serait dû en partie à une augmentation de la nature colloïdale de la solution de savon demi-colloïdale.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section canadienne

Séance du 10 *Décembre* 1915

MM. **J. B. Tingle** et **A. Tingle** : *Méthode rapide pour convertir les déchets de platine en acide chloroplatinique.* La transformation des déchets de platine en acide chloroplatinique par dissolution dans l'eau régale est très longue. En alliant le platine à un autre métal, la durée de l'opération peut être réduite à 3 heures. Les auteurs recommandent le zinc, qui fond et s'allie bien et se sépare ensuite facilement du platine. Les déchets de platine sont fondus avec 10 fois leur poids de zinc pur sous une couche de borax. La masse métallique est traitée d'abord par HCl, qui dissout presque tout le zinc en laissant une poudre noire. Celle-ci est dissoute presque instantanément par l'eau régale. Dans la solution, on précipite le platine par H^2S. Le sulfure de platine, filtré et lavé, est calciné sur le filtre. Le platine métallique obtenu se redissout très rapidement dans l'eau régale; la solution est évaporée presque à siccité, puis reprise par HCl et de nouveau évaporée. Le résidu constitue de l'acide chloroplatinique.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 5 15 MARS 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Édouard Heckel. — Le Dr Heckel, professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Marseille, est décédé le 20 janvier dernier ; c'est une des personnalités les plus connues du monde scientifique colonial français qui disparaît.

A 18 ans, Edouard Heckel était pharmacien aide-major de la marine, et, en cette qualité, effectuait son premier voyage aux Antilles. Il séjournait ensuite successivement en Guyane Française, en Nouvelle-Calédonie et à Sydney. Mais en 1874 son état de santé, qui fut toujours un peu précaire, lui faisait prématurément abandonner la carrière qu'il avait d'abord choisie et il entrait dans l'Université. Après avoir un moment occupé la chaire d'Histoire Naturelle de l'Ecole de Pharmacie de Nancy, puis la chaire de Botanique de la Faculté des Sciences de Grenoble, il était, en 1877, nommé à Marseille, où devait se passer presque toute sa vie scientifique et où il trouvait le milieu qui convenait tout particulièrement à ses aspirations et à ses goûts.

Son œuvre est, en effet, essentiellement coloniale. De tous ses séjours dans nos possessions lointaines, le Dr Heckel avait rapporté, en même temps qu'une passion de plus en plus vive pour la botanique, la conviction que la flore tropicale offrait à notre industrie des ressources qui, à l'époque, n'étaient pas suffisamment soupçonnées et qu'il importait donc de révéler. Et ce restera le principal titre et le plus grand mérite du Dr Heckel que d'avoir été, pour la mise en valeur de nos colonies, un des ouvriers de la première heure. Il le fut par ses travaux, dont les premiers datent de 1880 ; il le fut encore en créant en 1892 le premier Etablissement de ce genre qui ait été fondé en France, le Musée Colonial, dont les inestimables collections sont installées aujourd'hui dans les locaux de l'Institut Colonial marseillais, au centre même de la ville.

Les travaux de Botanique appliquée parus sous le nom du Dr Heckel sont trop nombreux pour qu'il nous soit possible de les énumérer ici. Rappelons seulement que de 1880 à 1893 ce furent surtout des recherches sur les plantes médicinales, et notamment celles de la Guyane, de la Nouvelle-Calédonie et de notre Afrique occidentale ; et c'est en 1893 que paraissait cet important mémoire sur les kolatiers qui vulgarisa en France l'usage de la kola. Depuis 1893 jusqu'en ces dernières années, le Dr Heckel, tournant son attention vers une autre catégorie de produits, dont l'étude lui semblait avec raison de première importance pour l'industrie marseillaise, s'attacha à faire connaître les principales plantes oléagineuses de notre domaine colonial ; parmi les graines grasses d'origine tropicale aujourd'hui signalées et décrites, il n'en est guère dont on ne retrouve pas l'histoire dans les *Annales du Musée colonial de Marseille* qu'Heckel avait fondées et où il publia le résultat de toutes ses observations, en même temps que des analyses faites par son fidèle collaborateur, le professeur Schlagdenhauffen, de Nancy.

En créant le Musée Colonial, avec l'aide d'une souscription locale et du Ministère des Colonies, Heckel fut, d'autre part, par là même, le promoteur des diverses manifestations par lesquelles Marseille n'a jamais cessé de prouver en ces vingt dernières années les efforts qu'elle est toujours prête à faire pour le développement économique de nos colonies. C'est autour du Musée colonial que se sont groupées les chaires d'enseignement colonial créées en 1899 par la Chambre de Commerce de cette ville ; c'est au Musée Colonial qu'a pris naissance l'idée de cette Exposition de 1906 dont l'incontestable succès fut reconnu aussi bien à l'étranger qu'en France.

De ce succès Heckel revendiquait sa part avec une très légitime fierté. Il avait d'ailleurs à cette occasion, en récompense des services rendus, été nommé commandeur de la Légion d'Honneur. Il était encore Correspondant de l'Académie des Sciences, de l'Académie de Médecine et de l'Académie d'Agriculture.

Henri Jumelle,
Professeur adjoint à la Faculté des Sciences de Marseille.

Sir Clements Robert Markham. — Le 30 janvier 1916 est décédé à Londres, à l'âge de 86 ans, à la suite d'un malheureux accident, l'explorateur anglais sir Clements Robert Markham, dont la longue existence a été admirablement remplie. Voyageur éminent qui parcourut des pays très divers, il se signala aussi par les très nombreux travaux de haute valeur qu'il leur a consacrés et dont nous ne pourrons rappeler ici que les principaux. Il ne s'y est pas montré seulement un géographe très compétent, mais il a fait porter ses investigations sur toutes les connaissances humaines auxquelles pouvaient le conduire ses explorations : sciences naturelles, histoire, ethnographie, linguistique, antiquités.

Né le 28 juillet 1830 à Stillingfleet, près d'York, il était entré dans la marine en 1844 et il avait vingt ans quand il prit part, en 1850-1851, à l'une des expéditions envoyées à la recherche de sir John Franklin dans les mers boréales. Il fit paraître à son retour : *Franklin's footsteps : Sketches of Greenland* (1852).

Ayant abandonné la marine, il entreprit des voyages en Amérique. Il en fit un premier au Pérou de 1852 à 1854, à la suite duquel il publia une relation intitulée *Cuzco and Lima* et un mémoire sur les sources de la rivière Purus, un des principaux tributaires de l'Amazone (*Journal of the Royal Geographical Society*, Londres, vol. XXV, 1854).

En 1859, Markham repartit pour le Pérou, chargé d'une mission officielle consistant à recueillir dans les forêts des Andes des graines et des plants de l'arbre à quinquina pour les transporter dans le sud de l'Inde, et ce double voyage dura jusqu'en 1861. Il fit paraître alors un important ouvrage où il consigna les observations savantes, aussi nombreuses que variées, qu'il avait faites dans les deux pays visités par lui : *Travels in Peru and India, while superintending the collection of chinchona plants and seeds in South America and their introduction into India* (Londres, 1862, in-8°, 590 p., avec cartes). Nous y trouvons des aperçus nouveaux et d'intéressants détails sur la géographie physique, sur les populations, sur les monuments anciens. Il publia plus tard, sur les résultats donnés par sa mission : *Peruvian Bark : Chinchona cultur in British India 1860-1880* (1880).

Ne cessant de s'intéresser au Pérou, il fit encore sur ce pays toute une série de travaux, parmi lesquels : *Expeditions into the valley of the Amazons, 1539, 1540, 1639* (*Hakluyt Society*, 1859) ; *The province of Caravaya, in southern Peru* (*Journal of the Roy. Geogr. Soc.*, vol. XXXII, 1861, p. 190-203, avec carte) ; *Report on the discovery of Peru* (1872) ; *Narratives of the Rites and laws of the Incas* (*Hakluyt Soc.*, 1873) ; *Peru* (Londres, 1880) ; *History of Peru* (Chicago, 1892) ; *The Incas of Peru* (1910) ; il traduisit même en anglais un drame péruvien : *Ollanta* (1871).

Après sa mission dans l'Inde, Markham y retourna en 1865 et il l'explora en détail ainsi que l'île de Ceylan. Il y devint géographe officiel et, en cette qualité, il accompagna, en 1867-1868, l'expédition anglaise en Abyssinie, dont il donna une relation : *A History of the Abyssinian expedition* (1869). Il occupa ensuite pendant dix ans la charge du Département géographique à l'Office de l'Inde et il écrivit, par ordre du secrétaire, d'Etat, un ouvrage capital sur les explorations de l'Inde : *A Memoir on the indian Surveys* (Londres, 1871, in-4°). Ce magnifique travail présente un tableau historique des études diverses dont l'Inde avait été l'objet depuis environ quatre-vingts ans, et ce savant inventaire comprend à la fois tout ce qui a trait à la géographie et aux levés topographiques, à l'étude physique du sol et au climat, à l'histoire naturelle, aux races et aux idiomes, aux religions, aux monuments anciens et à la littérature.

Nous ne saurions énumérer les très nombreuses études que sir Clements Markham a écrites pour diverses sociétés savantes, principalement pour la Société de Géographie de Londres dont il fut secrétaire de 1863 à 1888, puis président de 1888 à 1896. Il en est beaucoup qui ont trait à l'Inde ou à des pays voisins, Afghanistan, Tibet, ou encore au Pérou, mais d'autres aussi très importantes concernent les explorations polaires, auxquelles Markham s'était toujours intéressé depuis ses débuts comme voyageur.

C'est ainsi, quand les expéditions à la recherche de Franklin eurent provoqué un mouvement nouveau entraînant les explorateurs vers le pôle, que Clements Markham fit connaître son opinion sur la meilleure route à suivre pour l'atteindre ; en conformité de vues avec le capitaine Osborn, auteur d'un projet d'expédition, il proposa comme itinéraire la baie de Baffin et le Smith Sound. Une histoire des explorations au pôle Nord, qu'il fit paraître en 1874, sous le titre de *The Threshold of the unknown region*, eut beaucoup de succès ; elle fut traduite en français par H. Gaidoz : *Les abords de la région inconnue* (Paris, 1876). En 1889, il a publié une biographie de John Davis. On lui doit aussi une grande part dans l'organisation de l'expédition antarctique du capitaine Scott.

Sur toutes ces questions géographiques auxquelles il s'était particulièrement attaché, Sir Clements Markham qui, malgré son grand âge, avait conservé toute sa vigueur intellectuelle, a continué jusqu'à ses derniers jours à écrire de savantes études avec la même ardeur et avec la même sûreté de vues. On trouve encore de lui, dans *The Geographical Journal* de janvier 1916 (p. 34-41), une excellente notice nécrologique consacrée à un autre explorateur polaire, sir Allen Young, plus âgé de trois années, qui en 1857 avait accompagné Mac Clintock dans une dernière expédition à la recherche de Franklin et qui était décédé le 20 novembre 1915.

G. Regelsperger.

§ 2. — Physique

Un projet d'unités électroniques (U_e). — Dans une récente communication à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, M. le Professeur Ch.-Eug. Guye[1] a fait ressortir l'intérêt que peut présenter, pour l'étude toujours plus actuelle des phénomènes intra-atomiques, l'emploi d'un système d'unités en corrélation avec ces phénomènes. La tendance générale d'expliquer les phénomènes physiques, même purement mécaniques, par les considérations électromagnétiques justifierait, semble-t-il, à elle seule, le choix d'un système d'unités dont les unités fondamentales seraient empruntées au domaine de l'Electro-magnétisme. En second lieu, en ayant soin de rattacher les unes aux autres les unités fondamentales par des relations bien définies, ces unités peuvent présenter entre elles une corrélation logique que ne possèdent pas les unités choisies arbitrairement. Cette corrélation entre les diverses unités est alors susceptible d'amener dans l'énoncé des lois et dans l'expression des grandeurs mesurées des simplifications de nature à mieux en faire comprendre le sens intime. Il va sans dire que l'adoption d'un nouveau système d'unités ne peut être faite qu'après un mûr examen, mais M. Guye estime qu'il peut être utile d'en aborder dès maintenant l'étude.

Unités fondamentales. — Le système préconisé par M. Guye adopte comme unités fondamentales : la *charge de l'électron* e_0, *l'inertie de l'électron aux faibles vitesses* m_0 et la *vitesse de la lumière dans le vide* v_0, grandeurs qui sont reliées, comme on sait, par la formule théorique :

$$(1) \qquad m_0 = \frac{2}{3}\frac{e_0^2}{a v_0^2},$$

dans laquelle a est le rayon de la sphère sur laquelle est répartie la charge e_0.

Ces trois grandeurs sont susceptibles de déterminations relativement précises : la valeur de e_0 peut être mesurée par la méthode des gouttes électrisées (Millikan) ; la valeur de m_0 se déduit de la connaissance de e_0 et du

1. *Archives des Sciences phys. et natur.*, 4e pér. t. XLI, n° 1, p. 66 ; 15 janv. 1916.

rapport $e_0/m_0 = 5{,}31 \times 10^{17}$ pour les rayons cathodiques lents; enfin la vitesse de la lumière a fait l'objet de déterminations nombreuses et précises. Exprimées en unités C. G. S., les valeurs des trois unités fondamentales sont très approximativement :

$$e_0 = 4{,}78 \times 10^{-10} \text{ U.E.S.}$$
$$m_0 = 0{,}900 \times 10^{-27} \text{ gr.}$$
$$v_0 = 3 \times 10^{10} \text{ cm.}$$

Unités dérivées. — *Longueur* a_0. L'inertie d'une charge électrique dépend, comme on sait, de sa loi de répartition; or, la répartition sur une surface sphérique est la seule qui présente une symétrie complète; cette considération semble donc justifier le choix de la formule fondamentale (1). L'unité de longueur s'en déduit immédiatement :

$$a_0 = \frac{2}{3}\, a = 2{,}821 \times 10^{-13} \text{ cm.}$$

Temps t_0. L'unité de temps dérive des unités de longueur et de vitesse :

$$t_0 = 9{,}403 \times 10^{-24} \text{ sec.}$$

Force f_0. L'unité de force peut être indifféremment définie par le produit de l'inertie unité par l'accélération unité, ou comme la force qui s'exercerait dans le vide entre deux charges unités placées à l'unité de distance; sa valeur est :

$$f_0 = 2{,}872 \times 10^{6} \text{ dynes.}$$

Cette unité paraît, à première vue, beaucoup trop grande, et l'on peut se demander s'il ne conviendrait pas d'adopter, dans ce cas, un sous-multiple de l'unité principale. Mais, si l'on réfléchit à la prodigieuse quantité d'énergie potentielle que l'on suppose accumulée dans les atomes, on est conduit à admettre que les forces intra-atomiques doivent être considérables pour que les moindres déplacements de leurs points d'application libèrent ou absorbent d'énormes quantités d'énergie.

Energie w_0. L'unité d'énergie se déduit des unités de force et de longueur; elle correspond à l'énergie potentielle totale de l'électron. Sa valeur en unités C. G. S. est :

$$w_0 = 8{,}1 \times 10^{-7} \text{ ergs.}$$

Telles sont les grandes lignes du système d'unités électroniques que M. Guye soumet à l'appréciation des physiciens.

§ 3. — Photographie

L'affaiblissement au persulfate d'ammoniaque. — La plupart des réactifs appliqués à l'affaiblissement des images photographiques aux sels d'argent attaquent uniformément le dépôt métallique, en dissolvant, sur tous les points de la surface, une même épaisseur; de telle sorte que les demi-teintes légères sont, toutes proportions gardées, plus réduites que les demi-teintes foncées et, à plus forte raison, que les grandes opacités. C'est un avantage, lorsqu'on se propose d'accentuer les contrastes d'une image grise, voilée; mais c'est un grave inconvénient, lorsqu'il s'agit, au contraire, d'adoucir un cliché trop heurté, ou même simplement de conserver les valeurs respectives d'un phototype harmonieux, mais dont l'intensité excessive rend le tirage trop lent. Ainsi, dans le premier cas, on pourra utilement employer l'affaiblisseur de Farmer (ferricyanure de potassium et hyposulfite de soude), ou bien le sulfate de peroxyde de cérium, ou encore l'acide chromique. Dans les deux autres cas, par contre, il sera préférable d'avoir recours au persulfate d'ammoniaque. Cet affaiblisseur possède, en effet, la remarquable propriété d'attaquer les grandes opacités plus que les faibles demi-teintes et d'atténuer ainsi les oppositions des négatifs trop durs.

Cependant, cet effet est généralement peu marqué, si l'on se borne à traiter le cliché par une simple solution de persulfate pur. MM. E. Stenger et H. Heller ont montré que le résultat cherché est beaucoup plus complètement atteint en présence d'un haloïde, par exemple en ajoutant, à 100 cc. de la solution de persulfate à 3 °/₀, 1 ou 2 cc. d'une solution de chlorure de sodium à 1 °/₀. Ils ont reconnu que l'action du persulfate sur l'image argentique est un phénomène complexe : son pouvoir oxydant se trouve exalté par des traces de sel d'argent dissous, et le véritable agent d'oxydation est alors le peroxyde d'argent, qui joue le rôle d'intermédiaire.

L'affaiblissement d'une image photographique par le persulfate d'ammoniaque pur en solution dans l'eau distillée comprend deux réactions successives : la première, très lente, due à l'action propre du persulfate, et la seconde, rendue rapide par l'action catalytique du sulfate d'argent formé dans la première réaction. Pour arriver à la seconde période, il suffit de très faibles traces de sels d'argent, sans que l'accroissement ultérieur de la teneur en sels d'argent ait une influence sur la vitesse de l'attaque.

Pendant la première période, cette vitesse est accélérée par l'acidité du bain affaiblisseur, tandis que l'acidité n'influe guère sur la durée de la seconde période. Au cours de la première période, le voile et les faibles demi-teintes ne sont que très peu attaqués, tant que la solution ne contient pas la quantité nécessaire de sels d'argent solubles, et, pendant ce temps, l'action du persulfate reste sensiblement proportionnelle aux intensités. Au contraire, dès le début de la seconde période, l'attaque devient plus rapide dans les grands noirs que dans les tons plus faibles.

Si la quantité de sels solubles d'argent nécessaire pour arriver à une attaque rapide ne peut être atteinte que lentement dans une solution de persulfate pur, elle ne sera jamais atteinte dans une solution additionnée d'un chlorure, du moins jusqu'à une certaine limite de densité, limite au delà de laquelle l'argent solubilisé pendant la première période de la réaction suffira à saturer le chlorure dissous. Il y aura donc, en cas d'affaiblissement d'une échelle assez étendue de teintes, une rupture de continuité correspondant à cette limite. Les teintes plus faibles que la teinte limite n'auront subi que la première période d'attaque et ne seront, par conséquent, que peu affaiblies; tandis que les teintes plus intenses que la teinte limite auront subi la seconde période d'attaque et se trouveront affaiblies davantage. La position du point de rupture, sur une échelle de teintes, dépend principalement de la teneur de la solution en chlorure et, à un moindre degré, de son acidité.

Cette théorie, fondée sur le rôle de catalyseur joué par le sel soluble d'argent, rend parfaitement compte des faits observés dans l'affaiblissement des images photographiques par le persulfate d'ammoniaque, soit en solution pure, soit additionné d'un chlorure.

E. C.

§ 4. — Zoologie

Les réflexes de l'autotomie chez les Crustacés Décapodes. — L'auto-amputation des pattes, ou autotomie, est un phénomène bien connu chez certains animaux, en particulier les Crustacés Décapodes, qui, saisis à la patte par un ennemi, ont le pouvoir de lui abandonner ce membre et en profitent pour chercher à se mettre à l'abri d'une atteinte ultérieure. L'autotomie est un acte réflexe, simple dans quelques cas et très complexe dans d'autres; il résulte toujours d'une stimulation nocive de la patte. Il y a un plan de fracture défini à la base de l'appendice, et c'est là que se fait toujours la rupture autotomique. Les belles recherches de Fredericq sur le *Carcinus mœnas* ont montré que l'autotomie est le résultat de la contraction réflexe d'un muscle défini; l'arc réflexe a son centre dans la masse ganglionnaire du thorax et agit indépendamment des ganglions céphaliques. Le stimulus nécessaire peut être provoqué par brûlure, coupure, écrasement ou excitation électrique d'un segment distal quelconque de la

patte, excepté le dernier. L'autotomie peut être également provoquée par excitation centrale.

Les conclusions de Fredericq ont été appliquées parfois indistinctement à d'autres espèces, sans tenir un compte suffisant des différences de forme et de conditions, et il en est résulté une certaine confusion. M. J. Herbert Paul [1] a repris l'étude de cette question au Laboratoire de Physiologie de l'Université de Glasgow, et il a fait porter ses recherches sur les principaux représentants du groupe des Crustacés Décapodes : 1° Macroures (crevette, homard, écrevisse); 2° Anomoures (Bernard l'ermite, Galathéides); 3° Brachyures (crabes divers : *Carcinus mœnas*, *Cancer pagurus*, *Portunus puber*, *Hyas araneus*). Les principaux points mis en lumière par ce travail sont résumés comme suit par l'auteur.

Przibram a observé que, si la patte d'un Amphipode (par ex. *Gammarus*) est coupée ou endommagée, l'animal aussitôt mord le moignon en l'arrachant jusqu'au niveau du premier segment. Il en est de même chez l'Araignée *Tarantula* qui mord et arrache une patte blessée jusqu'à la base. Cette autophagie n'existe pas chez les Crustacés Décapodes comme réaction normale à une lésion, mais elle peut se produire dans certaines conditions.

La crevette commune, saisie violemment par une patte, étire le segment basal et, par une violente contraction de la queue, déchire la patte à l'articulation libre entre le second et le troisième segments.

Chez le homard et l'écrevisse, la même réaction a lieu, mais la rupture se produit au niveau d'un sillon dans la partie proximale du troisième segment. Avant la contraction de la queue, un muscle fléchisseur du 3e segment affaiblit la patte au niveau du sillon en faisant rentrer une partie de l'anneau de tégument calcaire du 3e segment à l'intérieur du sillon. Il y a une relation de temps définie entre les divers éléments du réflexe ; ce réflexe est plurisegmentaire, mais la partie qui cause l'affaiblissement de la patte au plan de rupture est confinée à un segment du système nerveux. Si la patte est coupée nettement et aussitôt éloignée, il se produit des mouvements ressemblant à l'autophagie dans sa forme inférieure. La patte peut être coupée par les pattes locomotrices (chélates) et dans le cas de l'écrevisse par les chelae mêmes.

Chez le Bernard l'ermite, le processus normal de l'autotomie est le résultat d'un réflexe unisegmentaire; mais, si le crabe est retiré de sa coquille, l'arrachement avec les chelae est nécessaire. Ainsi le changement des conditions a nécessité le renforcement du réflexe unisegmentaire par des arcs de niveaux supérieurs, et la réaction est devenue plurisegmentaire. Si l'on coupe le muscle extenseur du second segment, le crabe se met à mordre la patte lésée jusqu'au niveau du plan de rupture dans le second segment. Ainsi, en modifiant les conditions, on peut produire trois types de réaction à une lésion chez le Bernard l'ermite : autotomie purement locale, autotomie impliquant d'autres niveaux du système nerveux, autophagie.

Chez les Galathéides, l'autotomie peut être accomplie par les muscles de la base de la patte lésée seulement. Le réflexe est unisegmentaire, mais, dans des conditions différentes, il peut être renforcé par des arcs d'autres niveaux.

Les Brachyures sont le groupe le plus hautement spécialisé des Décapodes; chez eux, l'autotomie est un réflexe unisegmentaire pur. Après lésion, les extenseurs du second segment, agissant dans des directions opposées sur l'anneau de tégument dur entourant le plan de rupture, causent l'affaiblissement de la patte en ce point, et la séparation peut avoir lieu immédiatement, comme chez le *Portunus*, ou quand la partie distale de la patte rencontre un point externe de résistance, généralement la carapace. Il y a une relation de temps définie entre les contractions des extenseurs opposés. Chez l'*Hyas*, qui ne peut trouver de point de résistance extérieur, l'animal enlève la patte lésée avec ses chelae. C'est le seul cas dans lequel l'arc unisegmentaire est renforcé par d'autres niveaux.

Il y a ici un assemblage de types dans lequel la complexité morphologique, telle que la révèle la structure du plan de fracture, va de pair avec la spécialisation physiologique dans l'arc local ou unisegmentaire. Chez les formes inférieures, où la rupture a lieu à une articulation libre et constitue seulement un arrachement de tissus mous, plusieurs arcs sont impliqués ; chez les Brachyures, où une légère contraction musculaire dans certaines directions cause un affaiblissement marqué de la patte au point de rupture, un seul arc est en cause.

Or on considère généralement que les réactions aux stimulus nocifs sont principalement et le plus fortement unisegmentaires chez les Vertébrés supérieurs, parce que l'écartement de la cause de la lésion s'effectue ainsi le plus rapidement; en d'autres termes, le réflexe unisegmentaire est regardé comme primaire.

Chez les Décapodes, cependant, tandis que la réaction à la lésion d'une patte implique plusieurs niveaux du système nerveux chez les formes inférieures, la réaction est presque toujours transmise par un seul arc chez les formes les plus spécialisées.

On peut faire beaucoup d'hypothèses sur la dégénérescence de la réaction-type par le changement des conditions, en particulier chez le Bernard l'ermite. Faut-il rapporter les habitudes d'arrachement des chelae et l'existence de l'autophagie à des habitudes utiles à la lignée ancestrale? Et, si c'est le cas, quel élément dans le changement de l'environnement cause la réalisation de capacités fonctionnelles qui n'ont eu pendant si longtemps aucune valeur pratique?

En suivant le courant d'idées régnant en Morphologie expérimentale (Entwicklungsmechanik), on peut conclure que la cellule réceptrice dans le réflexe unisegmentaire de l'autotomie, qui reçoit et transmet normalement son impulsion à un neurone (efférent) du même niveau, « court-circuite » un courant qui, dans l'histoire antérieure de la race, passait par les mâchoires et les chélipèdes. La résistance au passage de l'impulsion doit être augmentée par la désorganisation de l'arc inférieur quand le type de réaction change, comme lorsqu'on enlève le bernard l'ermite de sa coquille, et l'impulsion passe alors par des arcs supérieurs.

Sherrington et d'autres, décrivant les réflexes du système nerveux, mettent en évidence la finalité des réactions. Comment faut-il donc considérer le détachement réflexe des pattes par ces Décapodes? Chez les formes inférieures, le but principal paraît être d'échapper à l'étreinte de l'ennemi, car des mouvements de fuite accompagnent les changements locaux des muscles de la patte : c'est le cas chez les *Natantia* et les *Palinura*, et aussi chez les Anomoures. On rencontre, toutefois, un autre élément, même chez la crevette, car l'articulation saine la plus proche de la surface coupée est toujours fortement fléchie ou étendue, ce qui produit l'hémostase. La prévention de l'hémorragie est aussi un facteur important dans la production de l'autotomie chez les *Palinura*, car au « siège d'élection » l'animal a de meilleures valvules veineuses pour empêcher la perte de sang qu'autres parties de la patte. Chez les Brachyures, les valves sont très fortement développées, et comme les causes de la perte des pattes chez le *Carcinus mœnas* sont surtout le caractère rocailleux des plages et la violence des tempêtes d'hiver, on peut conclure que l'autotomie a lieu normalement pour empêcher l'hémorragie. Des autotomies « psychique » et « exuviale » ont été décrites par d'autres auteurs, mais des milliers d'expériences montrent que l'évasion et l'hémostase sont les buts fondamentaux de l'auto-amputation des pattes chez les Crustacés Décapodes.

1. *Proc. of the Royal Soc. of Edinburgh*, t. XXXV, part III, pp. 232-262 : 4 déc. 1915.

§ 5. — Physiologie

Le seuil de la vision pour les diverses couleurs. — Sir W. Abney et M. W. Watson viennent de se livrer à une série d'expériences très intéressantes sur la visibilité de la lumière de différentes couleurs [1]. Leurs résultats sont en faveur de l'hypothèse de Parinaud et de von Kries, d'après laquelle il existe dans les sensations lumineuses deux processus distincts, qui probablement dépendent respectivement des deux espèces de structures anatomiques de la rétine connues sous le nom de *bâtonnets* et de *cônes*.

Ces structures semblent distribuées différemment dans les diverses parties de la rétine et chez les divers individus; mais, quand les deux processus sont démêlés, les résultats sont plus uniformes. Les cônes seuls perçoivent la sensation de couleur, et ce sont les agents principaux de la vision aux éclairages ordinaires; les bâtonnets fonctionnent pour les très faibles éclairages — trop faibles pour affecter les cônes — et la sensation résultante est toujours celle d'une lumière blanche ou grise, quelle que soit la longueur d'onde lumineuse.

La majorité des sujets examinés par Sir Abney et M. Watson (classe I) n'ont pas de bâtonnets à l'endroit même de la fovéa, point où l'image tombe lorsqu'on regarde directement un objet. Pour eux, la sensibilité aux lumières faibles augmente rapidement jusqu'à environ 5° de la fovéa, puis diminue pour de plus grands angles. De tels individus percevront évidemment mieux les étoiles par une vision détournée, car alors la lumière tombera sur une partie de la rétine pourvue de bâtonnets. Les autres sujets (classe II), qui sont une minorité, possèdent des bâtonnets aussi bien que des cônes à la fovéa. Ils sont capables de déceler par vision directe des lumières plus faibles que ceux de la classe I, mais la vision détournée ne procure pas d'accroissement de la sensibilité. Dans cette dernière classe, on observe des variations individuelles beaucoup plus accusées. Les bâtonnets ne sont pas sensibles à la lumière rouge, de sorte que les différences entre les individus et entre la vision directe et détournée tendent à disparaître vers l'extrémité rouge du spectre.

Pour ces diverses raisons, il est désirable de traiter séparément la vision par les bâtonnets et la vision par les cônes lorsqu'on veut déterminer la variation de visibilité de la lumière avec la longueur d'onde. L'étude de la vision par les bâtonnets est facilitée par l'existence de personnes — que les auteurs désignent sous le nom de *monochromats* — ne possédant pas de cônes dans leurs yeux et qui sont, par conséquent, entièrement dépourvues de sensations colorées. Des expériences ont été faites sur trois individus atteints de cette anomalie. Pour la vision par les cônes, on a utilisé la vision fovéale (directe) des sujets de la classe I. Les auteurs ont traduit en courbes la visibilité relative des lumières de différentes longueurs d'onde. Pour la vision par les cônes, la visibilité maximum se trouve aux environs de $\lambda = 5.550$; pour la vision par les bâtonnets, le maximum est beaucoup plus proche de la limite bleue du vert, soit vers $\lambda = 5.050$.

Les auteurs ont discuté incidemment une autre question. Y a-t-il une sommation des intensités par les deux yeux? Ou, autrement dit, en employant les deux yeux, peut-on déceler une lumière plus faible qu'avec un seul œil? Un tel effet de sommation avait été trouvé par Piper; les résultats d'Abney et Watson lui sont nettement contraires : ils ont trouvé que le seuil de la vision pour les deux yeux est le même que pour un seul œil.

1. *Philosophical Transactions*, A, t. CCXVI, p. 91.

§ 6. — Enseignement

Tableaux de cours pour l'enseignement supérieur. — Nous avons reçu de M. Charles Rabut, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, la lettre suivante :

« Monsieur le Directeur,

« Dans votre numéro du 15 janvier 1916 a paru un article de M. Ed. Gain, professeur à l'Université de Nancy, exprimant le regret que la France soit tributaire de l'Allemagne pour les *tableaux de cours* en usage dans nos Universités.

« Ce reproche ne doit pas être étendu, comme paraît le croire l'auteur, à nos grandes écoles. En cette matière, elles sont autonomes et fort en avance sur l'Allemagne et tous autres pays étrangers.

« L'Ecole des Ponts et Chaussées possède une collection particulière de tableaux de cours unique au monde, œuvre des professeurs de l'école et d'un spécialiste aussi éminent que modeste, M. Coquillard, qui y a consacré toute sa carrière avec un rare désintéressement.

« Depuis de longues années, d'ailleurs, aux tableaux de cours se sont ajoutées les *projections de vues photographiques*. Le seul cours de Construction en béton armé, que j'ai créé il y a 20 ans et qui a été longtemps le seul professé en Europe, comprend plus de 1.000 clichés, dont beaucoup sont inédits.

« Enfin, nous avons inauguré, il y a 19 ans, les *projections cinématographiques*, qui sont appelées à prendre dans l'enseignement à tous les degrés une place encore plus importante que les projections mortes et les tableaux, sans toutefois les supplanter.

« Ces faits ne sont pas ignorés à l'étranger, car nos ingénieurs, consultés dans le monde entier, savent nous représenter dans les milieux internationaux : au dernier Congrès des chemins de fer, un choix important des tableaux et clichés de l'Ecole des Ponts et Chaussées, relatif à l'emploi du béton armé par les réseaux français, a été présenté dans une conférence donnée au grand amphithéâtre de l'Université de Berne à un nombreux auditoire qui a pu se convaincre que nos confrères allemands n'avaient rien d'approchant à nous opposer.

« La vérité est donc que, dans ce domaine comme en bien d'autres, ce sont des Français qui marchent à la tête du progrès.

« Veuillez agréer... »

Ch. Rabut.

Nous remercions M. Rabut de son intéressante communication et nous sommes persuadés que plus d'un de nos établissements d'instruction supérieure doit à l'initiative et au dévouement de ses professeurs des tableaux de cours analogues à ceux de la très belle collection de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Mais la question soulevée par M. Gain est un peu différente. Dans l'esprit de notre collaborateur, il ne s'agit pas tant de tableaux exécutés à la main, à un seul ou à quelques exemplaires et à l'usage d'une seule Ecole, que de tableaux imprimés en assez grand nombre et pouvant être acquis par une série d'établissements d'instruction analogues en France et dans les pays accessibles à l'influence française. Il y a là une question importante pour l'avenir et le rayonnement de notre enseignement supérieur, et nous serions heureux de souligner les efforts tentés dans ce sens.

(La Réd.)

COMMENT DÉVELOPPER L'INDUSTRIE FRANÇAISE APRÈS LA GUERRE?

L'une des questions qui préoccupent le plus les esprits à l'heure actuelle est celle de la situation présente de l'industrie française et des perspectives de développement nouveau qui s'ouvriront devant elle à l'issue de la guerre, si toutefois elle renonce à certains errements du passé et, mettant à profit les expériences acquises dans notre pays ou à l'étranger, elle s'oriente résolument dans la voie du progrès.

Ce progrès dépend, dans une grande mesure, de l'application toujours plus étroite des méthodes scientifiques aux problèmes non seulement de la technique industrielle, mais de l'organisation économique et commerciale. C'est la thèse qu'ont défendue les auteurs des nombreuses monographies sur « l'état actuel de nos grandes industries » publiées autrefois dans nos colonnes, et la *Revue* reste fidèle au programme tracé par son fondateur Louis Olivier en attirant de nouveau l'attention du public sur cette question de première importance.

Le moment est d'autant plus opportun que de grands efforts sont tentés par d'autres pays pour développer aussi leurs industries, dans le but de s'emparer des marchés étrangers à la faveur des événements actuels. Pour ne citer qu'un exemple, les États-Unis s'organisent en ce moment avec une grande activité dans ce sens, et notre confrère si répandu au delà de l'Atlantique, le *Scientific American*, a décidé de seconder de toute son influence ce mouvement par la création d'un département industriel, qui étudie les conditions présentes des principales industries américaines et élabore un plan de campagne devant leur permettre de profiter au maximum des occasions créées par la guerre.

La *Revue* se propose donc de publier une série d'articles s'inspirant de cette même pensée : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* et exposant chacun un point particulier de cette question vaste et complexe. Les sujets traités pourront se diviser comme suit :

A) *L'enseignement dans ses rapports avec l'industrie*

Modifications à apporter ou perfectionnements à réaliser dans :

L'enseignement technique (formation des ingénieurs et chimistes par les Universités et les grandes Ecoles techniques) ;

L'apprentissage professionnel (formation de contremaîtres et ouvriers dans les Ecoles professionnelles et ateliers).

B) *L'organisation générale de l'industrie*

La recherche scientifique et son application aux problèmes industriels ;

Les laboratoires d'usines ;

Le rôle des laboratoires publics d'essais ;

L'organisation scientifique du travail ;

L'aménagement des usines (substitution des mécanismes à la main-d'œuvre) ;

L'inspection du travail ;

Le développement de l'outillage national : voies de communication (chemins de fer et canaux) ; conservation et utilisation des forces hydro-électriques ; développement des ports ; développement de la marine marchande ;

Etc...

C) *L'organisation spéciale de quelques industries*

Métallurgie ;

Construction mécanique ;

Construction électrique ;

Industries chimiques ;

Matières colorantes ;

Produits pharmaceutiques ;

Verrerie d'optique et instruments de précision ;

Etc...

D) *L'organisation économique de l'industrie*

Législation des brevets et marques de fabrique ;

La main-d'œuvre et l'emploi des mutilés de la guerre ;

Les organisations patronales de production (syndicats, trusts et cartells) ;

L'appui des capitaux à l'industrie ;

Les méthodes commerciales et les débouchés nouveaux ;

Etc...

Pour développer ces différents sujets, la *Revue* a déjà fait appel à un certain nombre de collaborateurs compétents. Toutefois, étant donné le caractère d'intérêt général de cette sorte d'enquête et afin de permettre à toutes les opinions de se manifester, elle est prête à accueillir, sur ces questions ou d'autres connexes, les communications qui lui parviendraient de sources autorisées.

Nous inaugurons dans le présent numéro la publication des articles ci-dessus annoncés par deux études : sur l'apprentissage professionnel, par M. E. Bertrand, professeur à l'École d'Arts-et-Métiers d'Angers, et sur les nouvelles méthodes de l'industrie moderne, par M. de Jarny.

Les autres suivront, dans nos prochaines livraisons, à côté des articles purement scientifiques que nous continuerons à publier régulièrement.

La Rédaction.

L'APPRENTISSAGE PROFESSIONNEL

Nous avons confiance en l'heureuse issue de la lutte actuelle; mais, pour que nos triomphes militaires portent tous leurs fruits, nous devons les compléter par la victoire dans le domaine économique.

Déjà, nos adversaires se préoccupent de leur avenir industriel. Nos journaux n'ont-ils pas publié, en janvier dernier, une information, dont nous retenons ce passage :

« En Allemagne, on s'efforce actuellement de remédier à toutes les lacunes économiques et de préparer la reprise des affaires dès le premier jour de la paix. C'est ainsi que, depuis un certain temps, on rend à la vie civile plusieurs milliers d'ouvriers spécialistes, dont le manque se faisait énormément sentir, surtout lorsqu'il fallait en pourvoir toute la Turquie et dernièrement encore la Bulgarie. De plus, l'Allemagne pense à l'avenir, à ce moment où elle aura à reconquérir le marché économique du monde. »

Nous devons l'empêcher d'usurper cette hégémonie économique et, pour ne pas retomber, après la guerre, dans ses griffes avides, il nous faut travailler dès à présent à la rénovation de notre industrie.

Sans doute, la lutte militaire absorbe la majeure partie de nos forces vives — c'est naturel et indispensable. Mais nous pouvons, dès maintenant, orienter le public vers les réformes économiques, dont la réalisation devra suivre immédiatement la signature du traité de paix. Tout retard permettrait à nos ennemis de se ressaisir et de reprendre la lutte industrielle.

I. — La crise de l'apprentissage

Quels sont les maux dont souffre l'industrie française? Nous ne citerons que pour mémoire l'insuffisance de nos gisements carbonifères, la dispersion de nos mines de fer et leur éloignement des centres houillers, l'absence presque complète des points de contact nécessaires entre les voies ferrées et les voies navigables, le morcellement anarchique et le manque d'organisation de notre batellerie fluviale, les droits d'octroi qui empêchent certaines industries de se créer, parce qu'ils pèsent trop lourdement sur les matières premières, la loi sur les accaparements qui interdit aux industriels de se syndiquer et leur ôte ainsi la possibilité de régler la production sur la consommation (seul moyen d'éviter la surproduction, l'avilissement des prix et le chômage), le défaut d'initiative d'un trop grand nombre d'industriels, qui, trop désireux de réduire les frais généraux de leur entreprise, conservent indéfiniment un outillage suranné; le manque de souplesse de certains fabricants, qui veulent imposer leurs marchandises telles qu'ils les produisent, au lieu d'en adapter la fabrication aux goûts de leur clientèle ; une mauvaise éducation économique, un préjugé persistant, qui pousse les intellectuels à considérer l'industrie comme une forme inférieure de l'activité humaine et incite les parents à engager leurs fils dans les carrières dites libérales, par mépris des travaux manuels.

Sans nous arrêter à développer tous ces points, dont la mise en relief ne serait pourtant pas inutile, nous arrivons tout de suite au défaut capital de notre organisation industrielle : la crise de l'apprentissage.

Dès 1840, Villermé, dans son *Tableau de l'état physique et moral des ouvriers*, reconnaissait l'existence de cette crise. Huit ans plus tard, le sénateur Corbon, dans son ouvrage, *De l'Enseignement professionnel*, dénonçait le même danger. Les enquêtes officielles de 1863 et de 1901 se trouvaient en présence du même problème.

§ 1. — Causes

La crise n'est donc que trop réelle.

Quelles en sont les causes principales? La première est la loi du 2 mars 1791, qui proclama la liberté absolue du travail. Sous l'ancienne monarchie, tout le régime industriel reposait sur la corporation. Dans tous les corps de métier, l'apprentissage était réglementé d'une façon sévère et généralement, à l'expiration de son contrat, l'apprenti promu compagnon possédait une connaissance suffisante de son métier.

Dès que les corporations furent dissoutes, le problème de l'apprentissage se posa.

La transformation profonde apportée à l'industrie par le machinisme est venue lui donner une gravité exceptionnelle. Pour que l'emploi des machines soit possible, on a dû diviser l'objet industrialisé en éléments simples, fabriqués séparément, et, pour que les ouvriers acquièrent par l'habitude une dextérité plus grande, on a affecté chacun d'eux à la même besogne. Les ouvriers ont cessé d'être des artisans pour devenir les serviteurs de machines ingénieuses.

Les patrons, absorbés par la partie commerciale de l'entreprise, ne songent guère à former des apprentis. D'ailleurs, leurs ouvriers travaillant aux pièces, une organisation spéciale serait

nécessaire pour que l'apprentissage pût s'effectuer à l'atelier. Mais cette organisation même trouverait un sérieux obstacle dans notre législation : la loi du 30 mars 1900 fixe la journée de travail au maximum de 10 heures (au lieu de 12) dans les établissements industriels qui emploient simultanément des enfants et des hommes ; les patrons aiment mieux faire fonctionner leur matériel 2 heures de plus que d'occuper des jeunes gens. Dans les métiers restés en dehors du machinisme, le travail rapide et à bon compte est une nécessité imposée par l'âpreté de la concurrence ; dès lors, où trouver le temps de former des apprentis ?

D'ailleurs, à cause de cette concurrence même, patrons et ouvriers craignent d'être les auteurs de leur propre ruine en se préparant eux-mêmes des concurrents. Ils préfèrent, s'ils ont besoin d'aides, prendre de jeunes garçons rétribués, à qui, par conséquent, ils ne sont pas obligés d'apprendre le métier.

§ 2. — Conséquences

La crise de l'apprentissage, dont nous venons de rappeler les principales causes, a des conséquences très graves à la fois pour l'ouvrier, le patron et la société elle-même. Les travailleurs qui ne connaissent qu'une ou deux spécialités sont exposés à des chômages fréquents, et, quand ils réussissent à s'embaucher, ils sont contraints d'accepter des conditions inférieures de salaire. Les patrons se trouvent parfois dans l'impossibilité d'engager de bons professionnels et perdent une partie de leur clientèle, mécontente de la qualité des produits. Quand ils le peuvent, ces industriels prennent à leur service des étrangers, qui réduisent au chômage un certain nombre de nos compatriotes : la profession de fourreur, par exemple, est exercée par 80 0/0 d'ouvriers étrangers.

L'insuffisance de l'instruction professionnelle a sa répercussion sur la société tout entière. Elle a pour première conséquence un renchérissement des produits, dû à l'augmentation des frais de production. On a cherché, en effet, combien le salaire de l'ouvrier prélève sur son rendement, et, quoique nos ouvriers ne soient pas mieux payés que les travailleurs des autres pays, les calculs ont donné les résultats suivants : 32 0/0 pour la France, 28 0/0 pour l'Allemagne, 26 0/0 pour l'Angleterre et 18 0/0 pour les Etats-Unis. Ainsi, l'Américain fournit 82 francs de travail, quand le Français n'en produit que 68 !

En second lieu, la décadence de l'apprentissage est peut-être l'agent de démoralisation le plus actif. En un demi-siècle, de 1839 à 1889, la criminalité s'est accrue en France de 140 0/0 chez les mineurs de moins de 16 ans et de 24 0/0 chez les jeunes gens de 16 à 21 ans. En consultant les carnets des enfants détenus à la Petite-Roquette, on est frappé par le nombre incroyable des professions successivement ébauchées et abandonnées par les jeunes criminels.

A côté de ces pseudo-apprentis, il ne faut pas oublier les seize cent mille jeunes gens qui n'ont pas d'emploi et passent la journée sur les places publiques, abandonnés aux pires tentations.

La crise de l'apprentissage est donc singulièrement grave : elle constitue un danger à la fois économique et social.

Qu'avons-nous fait, jusqu'ici, pour l'enrayer ? C'est ce que nous allons étudier, en décrivant l'organisation de l'enseignement professionnel dans notre patrie et en la comparant à celle de l'Allemagne. Nous examinerons ensuite si l'organisation de notre apprentissage professionnel ne présente pas des lacunes fâcheuses et dans quelle mesure nous pourrions nous inspirer du système allemand pour y apporter les améliorations nécessaires[1].

II. — L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL EN FRANCE

§ 1. — Aperçu historique

Avant la Révolution, malgré les bons résultats obtenus dans l'apprentissage réglementé par les corporations, l'enseignement professionnel eut d'illustres partisans.

Dès 1615, Jules de Montchrestien exposait tout un système d'apprentissage scolaire assez semblable à celui qu'on voulait établir en 1880.

Richelieu fonda à Langres un hôpital destiné aux enfants abandonnés par suite des guerres de 1636 ; au programme des études figurait l'apprentissage de différents métiers : draperie, tissages des futaines, droguets, cardage et filature de la laine, bonneterie, cordonnerie. Cet établissement subsista jusqu'en 1794.

Descartes rêvait d'une vaste institution qui aurait mis de bons professeurs à la disposition des artisans désireux de s'instruire : c'eût été l'union de la science et des arts manuels.

Claude de Fleury, sous-précepteur des ducs de Bourgogne, d'Anjou et du Berry, affirmait, dans son « *Choix des Etudes* » (1686), la nécessité d'un enseignement nouveau pour les « financiers, les praticiens et les marchands ».

1. J'ai traité ces questions plus en détail dans mes deux ouvrages : *L'Enseignement technique en Allemagne et en France* (F. Alcan, Paris, 1914 ; 7 fr. 50) et *La Question des cours professionnels : l'œuvre scolaire du Dr Kerchensteiner* (Dunot et Pinat, Paris, 1914 ; 2 fr. 50).

En 1688, l'abbé de la Salle fondait une œuvre qui devait prendre une grande extension au siècle suivant : l'*Institution des Frères de la doctrine chrétienne* « pour associer le travail manuel et l'instruction économique dans l'éducation chrétienne ».

Plus tard, en 1768, le président Rolland adressait au Parlement un rapport qui demandait que « le commerce des arts et les connaissances qui lui sont nécessaires pussent trouver place dans les collèges publics »[1].

Vers la même époque, l'initiative privée faisait déjà sentir son action. Des écoles de dessin étaient fondées dans quelques villes : Troyes, Angers, Langres, Châlons-sur-Marne et Reims.

En renversant l'ancienne organisation industrielle, la Révolution française, avons-nous dit, supprima l'apprentissage. Pour éviter les effets désastreux qu'aurait pu produire cette transformation radicale, il aurait fallu créer un enseignement technique. La Législative vit éclore deux projets : l'un était présenté par Léonard Bourbon ; l'autre, élaboré par la Commission de l'Instruction publique, eut pour rapporteur Condorcet. Mais aucun des deux n'obtint force de loi.

La Convention et le Directoire firent peu de choses, malgré les efforts de Lakanal et de Beauquier. Le Consulat, l'Empire, la Restauration et la Monarchie de Juillet effectuèrent quelques améliorations, qui ne modifièrent pas sensiblement la situation générale.

Le gouvernement démocratique de la Deuxième République fit voter une loi portant création de « Collèges agricoles et industriels » dans toutes les communes comptant plus de 6.000 habitants. Mais cette loi ne reçut aucune application.

Le second Empire se contenta de fonder, en 1865, l'*enseignement spécial* (œuvre de V. Duruy), qui ne fut guère suivi que par les fruits secs de l'enseignement secondaire classique.

Pendant que l'État errait sur les vrais besoins de la population industrielle et commerciale, l'initiative privée accomplissait une œuvre féconde. Parmi les établissements d'instruction professionnelle qui furent ouverts de 1830 à 1870, citons l'*École La Martinière*, fondée à *Lyon* en 1831, l'*École Colbert*, créée à *Paris* huit ans plus tard, l'*École de tissage de Mulhouse* (1864), l'*École industrielle du Havre* (1866). Un grand nombre de villes suivirent cet exemple : à la fin de l'Empire, on en comptait 80, dont les écoles et cours divers étaient fréquentés par 33.000 élèves.

Le gouvernement de la Troisième République fut le premier qui entreprit d'instituer sérieusement l'instruction professionnelle.

Octave Gréard s'occupa surtout des cours d'adultes, établis d'une façon fort défectueuse par la Monarchie de Juillet. En 1874, il les soumit à une réglementation précise : ces cours, destinés aux apprentis, avaient lieu de 5 à 7 heures du soir et duraient 7 mois.

Mais il était impossible d'obtenir des résultats sérieux en un cycle d'études aussi bref. Les deux tentatives vraiment importantes qui furent faites pour organiser chez nous l'enseignement technique du degré élémentaire eurent lieu en 1880 et 1892.

Au début de l'année 1880, il existait 22 écoles d'apprentissage. Le gouvernement, désireux de leur donner un statut légal, fit voter la loi du 11 décembre 1880 sur les *écoles manuelles d'apprentissage*. Il voulut, en outre, créer un établissement-type : ce fut « l'École nationale d'enseignement primaire supérieur et d'enseignement professionnel de Vierzon », fondée en 1881 et ouverte en 1887, en même temps que celle d'Armentières.

Le règlement d'administration publique portant application de la loi donna lieu à bien des controverses et à la rivalité stérile des deux ministères de l'Instruction publique et du Commerce.

En effet, les écoles manuelles proprement dites ressortissaient au Commerce, tandis que les écoles primaires supérieures dont le programme faisait une part à l'enseignement professionnel restaient rattachées à l'Instruction publique. Mais la distinction n'était pas toujours facile à établir et les deux catégories d'écoles subissaient le contrôle des deux départements. Après divers essais d'entente, après de longs débats où MM. Ferdinand Buisson et Ollendorf exercèrent leur éloquence, la loi des finances du 26 janvier 1892 vint mettre fin, sinon à la concurrence des deux ministères, du moins à leurs tentatives d'empiètement réciproque. L'article 69 est ainsi conçu : « Les écoles primaires supérieures dont l'enseignement est principalement industriel et commercial relèveront à l'avenir du ministère du Commerce, auquel elles seront transférées par décret, et prendront le nom d'Écoles pratiques de commerce ou d'industrie. »

Dès le 1er juin 1892, on comptait treize écoles pratiques. Depuis cette date, l'enseignement technique n'a fait que se développer par des créations nouvelles d'écoles et de cours professionnels. Nous allons montrer comment il est organisé et quel est, à l'heure actuelle, son degré d'extension.

1. GRÉARD : *De l'Éducation et de l'Instruction*, t. II, p. 56-57.

§ 2. — Organisation actuelle

L'enseignement industriel du degré élémentaire, c'est-à-dire celui qui a pour objet la formation d'ouvriers qualifiés, est donné dans les diverses catégories d'institutions suivantes :

1° Les Écoles professionnelles de la ville de Paris, au nombre de 7 ;

2° Les Écoles nationales d'Horlogerie de Cluses et Besançon ;

3° L'École nationale d'apprentissage de Dellys, en Algérie (travail du bois et du fer) ;

4° Les Écoles nationales professionnelles de Nantes, Armentières, Vierzon et Voiron ;

5° Les Écoles pratiques d'industrie ;

6° Un certain nombre d'écoles primaires supérieures ou primaires élémentaires ;

7° Un certain nombre d'institutions indépendantes de l'État ;

8° Les cours professionnels d'adultes.

1. *Écoles professionnelles de Paris.* — La plupart des Écoles professionnelles de Paris ont pour but de former des ouvriers habiles pour les principaux métiers du bois et du fer.

L'*École Estienne*, cependant, prépare à toutes les industries du livre. Elle instruit ses élèves en vue de quinze professions différentes, réparties en cinq groupes : typographie, lithographie, reliure, gravure et photogravure.

2. *Écoles nationales professionnelles.* — Ces écoles, primitivement fondées pour servir de types aux Écoles manuelles d'apprentissage et réorganisées depuis lors, donnent une instruction à la fois théorique et pratique. Les élèves y sont admis au concours, après l'obtention du certificat d'études primaires.

La durée des études est de 4 ans. Toutes ces écoles ont le même programme d'enseignement théorique et préparent surtout aux industries du bois et du fer. Néanmoins, chacune possède, en outre, une spécialité : *Vierzon*, l'électricité et la fabrication des automobiles ; *Armentières* et *Voiron*, le tissage ; *Nantes*, les travaux d'art.

Les exercices d'atelier occupent, dans l'enseignement, une place prépondérante : dans les quatre années d'études, on y consacre respectivement 9, 15, 24 et 30 heures par semaine, sur un total de 36 $^1/_2$, 40, 48 $^1/_2$ et 49.

La différence est très grande entre l'apprentissage dans l'industrie, même dans le cas, assez rare aujourd'hui, où il se fait dans d'assez bonnes conditions, et l'apprentissage à l'École professionnelle.

Là, on ne s'occupe guère que de la partie purement manuelle du métier. Ici, on ajoute aux exercices d'assouplissement de la main et au maniement des machines l'étude des matières mises en œuvre, la connaissance très complète de l'outillage, l'étude rationnelle des principales machines-outils et, tout particulièrement, l'explication raisonnée des procédés de travail.

Si l'organisation moderne du travail industriel permet le plus souvent l'emploi d'ouvriers pourvus d'une instruction rudimentaire, il n'en est pas moins vrai qu'à côté de ceux-ci l'industrie réclame d'habiles et intelligents praticiens, capables de préparer le travail et l'équipement des machines, de monter ces machines, de les régler, de les entretenir, de vérifier le travail, de monter les pièces usinées et de procéder au fonctionnement des machines terminées. Ce sont ces ouvriers d'élite que les Écoles nationales professionnelles doivent préparer.

On arrive à ce résultat par un apprentissage méthodique et raisonné, comportant à la fois le travail à la main et la pratique des machines.

Ce qui rend les exercices manuels particulièrement profitables, c'est que chaque élève possède un carnet d'atelier. Sur le verso de chaque feuillet, il colle un bleu ou fait un croquis représentant la pièce à exécuter. Sur le recto du feuillet suivant, il relève le résumé des instructions données par le maître et y fait, jour par jour, le pointage des heures passées à son travail.

C'est vers les travaux d'atelier que toutes les autres matières convergent. En effet, par l'enseignement du dessin, qui occupe une place très importante, les élèves doivent apprendre :

a) A faire rapidement, à main levée, le croquis coté d'un organe ou d'une machine (l'étude des projections en est inséparable) ;

b) A exécuter, à l'aide d'instruments, des tracés géométriques rigoureux, soit sur le papier, soit sur la matière à travailler ;

c) A *lire* un document dessiné appartenant à l'un quelconque des deux genres précédents ;

d) A représenter, avant de l'exécuter, le dessin d'un objet conçu par eux.

Ainsi envisagé, le dessin répond à toutes les exigences de l'industrie.

Les mathématiques, elles aussi, sont orientées vers la pratique industrielle. Par exemple, on y accorde une importance particulière au calcul mental. D'autre part, on mène parallèlement l'étude de la géométrie plane et celle de la géométrie dans l'espace, car cette dernière habitue à voir dans l'espace et sert d'introduction à la lecture du dessin industriel.

Les autres matières du programme sont enseignées suivant les mêmes principes : l'électricité, la mécanique et la technologie, la physique et la

chimie, la géographie et l'histoire (qui réservent la place d'honneur aux questions économiques), les langues vivantes (dont les élèves apprennent les termes techniques se rapportant à leur profession), la composition française (dont beaucoup de sujets ont trait à la vie ouvrière), l'économie industrielle, l'hygiène, la comptabilité, la morale elle-même, qui prend pour base les rapports sociaux.

A la fin de leurs études, c'est avec la plus grande facilité que les élèves trouvent un emploi d'ouvrier dans les entreprises industrielles. Plus tard, beaucoup d'entre eux feront d'excellents contremaîtres.

3. *Ecoles pratiques d'industrie.* — Ces écoles (y compris les sections industrielles des Ecoles pratiques de commerce et d'industrie) sont au nombre d'une soixantaine et comptent environ dix mille élèves. Le cycle des études y est de trois ans ; mais l'apprentissage s'y fait à peu près dans les mêmes conditions que dans les écoles nationales professionnelles.

Les trois métiers fondamentaux enseignés dans presque toutes les écoles sont : la forge, l'ajustage et la menuiserie.

Lorsque, dans un établissement, on enseigne en outre une ou plusieurs autres professions, c'est pour satisfaire aux besoins régionaux.

Par exemple:

Boulogne-sur-Mer forme des électriciens et des mécaniciens pour la Marine ;

Béziers donne des cours d'œnologie ;

Bordeaux enseigne la dégustation des vins ;

Elbeuf forme des échantillonneurs, des tisseurs et des dessinateurs en tissus draperie ;

Grenoble, des électriciens, des chimistes, des gantiers ;

Morez, des horlogers et des sculpteurs sur bois;

Romans enseigne le patronage des chaussures ;

Saint-Etienne forme des armuriers, des sculpteurs sur bois, des tisseurs et des metteurs en carte ;

Thiers, des couteliers ;

Thonon-les-Bains, des employés d'hôtel, etc.

4. *Ecoles primaires supérieures.* — Par la force des circonstances, ces écoles ont été contraintes de donner à leur enseignement une orientation professionnelle. Les travaux manuels furent prescrits par les programmes du 21 janvier 1893, actuellement en vigueur.

Les écoles primaires supérieures veulent, non pas former des ouvriers, comme les Ecoles pratiques, mais simplement développer l'instruction générale des élèves et les préparer au futur apprentissage de leur profession. L'enseignement technique y est relégué parmi les *matières accessoires* et confié à des maîtres auxiliaires — c'est dire qu'il obtient peu de résultats positifs.

D'ailleurs, les écoles primaires supérieures sans sections professionnelles sont restées, jusqu'ici, la majorité. Sur un effectif total d'environ 30.000 élèves, 4.000 seulement suivent les cours d'une section industrielle, où ils reçoivent un enseignement semi-technique. Cependant, les deux tiers se destinent à l'industrie, au commerce ou à l'agriculture.

Il est donc urgent d'accentuer l'orientation professionnelle de ces écoles.

5. *Ecoles primaires élémentaires.* — Dans les écoles primaires, l'enseignement professionnel doit tenir une certaine place, d'après la loi du 22 mars 1882, l'arrêté du 22 juillet de la même année et la circulaire du 20 octobre 1885.

Mais, sauf dans quelques villes en fort petit nombre — comme Bordeaux, Bourg et Montluçon — on ne tint aucun compte des instructions nouvelles.

6. *Institutions indépendantes de l'Etat.* — En dehors des écoles de l'Etat, il existe un grand nombre d'établissements fondés par les municipalités, par des associations diverses ou par de simples particuliers. Beaucoup donnent un enseignement efficace et reçoivent des subventions du ministère du Commerce, qui les fait visiter par ses inspecteurs généraux.

Nous nous bornerons à citer les plus importantes de ces institutions :

a) *Ecoles municipales.* A Lyon, l'*Ecole La Martinière* est une sorte d'Ecole pratique de commerce et d'industrie. En dehors de l'année préparatoire, facultative, la durée des études y est de trois ans. Les élèves, après avoir tous suivi les mêmes cours, se spécialisent au commencement de la deuxième année; ils ont le choix entre trois sections : commerce, chimie, génie civil et électricité. L'examen qui couronne les études donne droit à l'obtention de diplômes spéciaux, fort appréciés dans la région lyonnaise. Les directeurs de presque toutes les grandes maisons de teinture de Lyon et d'un grand nombre d'ateliers de constructions mécaniques sont d'anciens élèves de La Martinière.

L'*Ecole municipale de tissage de Lyon* a pour but de permettre l'apprentissage complet du tissage de la soie.

L'*Ecole de brasserie de Nancy* est destinée aux adultes. Les cours, d'une durée de trois mois, donnent aux praticiens les connaissances théoriques et pratiques qui leur sont nécessaires pour opérer eux-mêmes le contrôle de la fabrication.

L'*Ecole municipale de tissage de Sedan* forme, en trois années d'études, des dessinateurs de tissus et des échantillonneurs.

A *Saint-Etienne*, l'*Ecole de chimie et de teinture* s'adresse aux ouvriers teinturiers. Elle leur fait connaître, par des cours théoriques et des manipulations de laboratoire, les propriétés des diverses matières colorantes et les découvertes scientifiques applicables à la teinturerie.

b) *Ecoles organisées par des groupements professionnels.* Des groupements professionnels en nombre assez considérable, surtout à Paris, ont créé des cours techniques, en leur donnant parfois le nom d'écoles. Mais il en est très peu qui aient fondé des écoles proprement dites. Il en existe pourtant quelques-unes : à *Lille*, le *Syndicat de la Métallurgie et de la Construction mécanique* a organisé une école professionnelle, qui forme des ouvriers capables de devenir des contremaîtres et des chefs d'équipe versés dans la pratique du dessin et des arts mécaniques. A *Paris*, la *Chambre syndicale de la bijouterie* et la *Chambre syndicale des imprimeurs-typographes* ont fondé chacune une école d'apprentissage. Dans la même ville, l'*Ecole de meunerie*, entretenue par diverses sociétés professionnelles, donne une sorte d'enseignement par correspondance. Enfin, l'*Ecole de dessin des maçons de Samoëns* (Haute-Savoie) ne fonctionne que l'hiver et forme des maçons et des tailleurs de pierre par un enseignement théorique et pratique approprié.

c) *Ecoles organisées par des associations diverses.* Dans plusieurs villes, à Paris notamment, diverses associations ont fondé des écoles élémentaires d'enseignement professionnel. Citons, en particulier : à *Aix-en-Provence*, l'*Ecole Saint-Eloi* (préparation aux Ecoles d'arts et métiers et aux carrières industrielles); à *Nancy*, l'*Ecole professionnelle de l'Est;* à *Paris*, l'*Ecole technique Scientia* (23, rue François-Gérard), l'*Ecole d'horlogerie* (30, rue Manin), l'Ecole professionnelle organisée par la *Compagnie générale de constructions électriques* (160, rue Saint-Charles) et l'*Ecole Saint-Nicolas* (42, rue de Vaugirard), qui prépare aux professions les plus diverses; à *Roubaix*, l'*Institut technique roubaisien* (filature, tissage, teinture, arts mécaniques); à *Saint-Quentin*, l'*Ecole professionnelle régionale*, l'*Ecole pratique de tissage et l'Ecole de broderie;* à *Tourcoing*, l'*Ecole industrielle* (mêmes spécialités qu'à l'Institut roubaisien).

Mentionnons en outre les soixante-six écoles catholiques qui préparent à l'Institut catholique d'arts et métiers de Lille. Disséminées dans la France entière, elles sont particulièrement nombreuses dans les départements du Nord et du Centre.

d) *Ecoles privées.* Les écoles privées d'enseignement industriel du degré élémentaire sont en petit nombre. Les plus importantes sont : à *Choisy-le-Roi*, l'*Ecole professionnelle Hanley* (forge, ajustage); au *Creusot*, l'*Ecole Schneider* (constructions mécaniques); à *Lyon*, l'*Ecole professionnelle d'horlogerie* dirigée par M. Boudra; à *Paris*, l'*Ecole d'apprentis fourreurs* (26, rue de la Chaussée-d'Antin) et l'*Ecole d'expertises, d'accords et de réparations de pianos* (91, rue de Sèvres), dont l'enseignement s'adresse aux aveugles; à *Versailles*, l'*Institution Bertrand*, qui comprend une école primaire supérieure et une école professionnelle industrielle et commerciale.

7. *Cours professionnels d'adultes.* — Un grand nombre de sociétés d'éducation populaire, qu'il serait trop long d'énumérer, ont organisé des cours divers d'enseignement industriel. Ces cours, suivis avec une assiduité variable, sont plus ou moins efficaces selon les circonstances locales. En général, ils ont lieu le soir et sont purement théoriques; il est assez rare qu'ils soient complétés par des travaux d'atelier.

En résumé, sur 600.000 jeunes gens de 13 à 18 ans employés dans le commerce ou l'industrie, 30.000 environ fréquentent les écoles techniques et 65.000 sont à peu près assidus aux cours d'adultes.

Les efforts accomplis par le gouvernement de la troisième République et par l'initiative privée pour suppléer au déclin de l'apprentissage dans les ateliers patronaux par l'organisation de l'apprentissage scolaire, ont réalisé un progrès certain et sérieux. Mais les résultats acquis sont-ils suffisants? Il nous est cruel de placer, en face des 95.000 jeunes Français cités plus haut, les 500.000 apprentis qui, en Allemagne, reçoivent l'instruction professionnelle scolaire. Ajoutons que, si nous consacrons annuellement 7 millions à notre enseignement technique, l'Allemagne n'hésite pas à en dépenser 30 (en ne comptant que les frais supportés par le budget de l'Empire).

Avant d'indiquer les améliorations qu'il nous paraît urgent d'apporter à l'apprentissage dans notre pays, nous rappellerons, aussi brièvement que possible, comment l'Allemagne a résolu le problème de l'instruction professionnelle.

III. — L'ENSEIGNEMENT PROFESSIONNEL EN ALLEMAGNE

La crise de l'apprentissage n'a jamais revêtu en Allemagne la forme aiguë qu'elle a prise chez nous. Les corporations, que les pouvoirs publics

ont toujours soutenues, n'ont perdu qu'une faible partie de leur ancienne puissance, et les patrons ont continué, avec l'assistance de leurs corps de métiers, à former des apprentis. Il ne s'agissait donc pas, comme chez nous, de suppléer à la disparition de l'apprentissage traditionnel par l'organisation de l'apprentissage scolaire, mais de compléter le premier par un enseignement théorique approprié. En effet, l'évolution moderne de l'industrie exige des ouvriers certaines connaissances (dessin, mathématiques, technologie, etc.) qu'il devenait impossible de leur enseigner dans les ateliers patronaux. C'est ce complément d'instruction professionnelle qu'on jugeait nécessaire de donner aux apprentis. Voilà pourquoi nous trouvons en Allemagne fort peu d'institutions analogues à nos *Ecoles pratiques d'industrie;* ce qui forme, dans ce pays, la caractéristique essentielle de l'enseignement professionnel, ce sont les *Ecoles de perfectionnement industriel* (gewerbliche Fortbildungsschulen) : leur nombre considérable, leur remarquable organisation et l'influence toujours plus profonde qu'elles exercent jusque dans les petites villes, sont pour beaucoup dans l'essor économique de l'Allemagne moderne.

Ces établissements doivent leur naissance aux *Ecoles du dimanche*, créées dès le XVIe siècle pour compléter l'instruction générale des jeunes gens qui venaient de terminer leurs études primaires. Dans le Wurtemberg, un décret de 1739 en rendit même la fréquentation obligatoire aux jeunes gens des deux sexes *jusqu'à leur mariage.*

Bientôt, de nombreux cours du dimanche et du soir s'ouvrirent sur toute l'étendue de l'empire. Mais les progrès scientifiques et l'essor de la grande industrie firent éclater l'insuffisance de cet enseignement purement général. A partir de 1830, les cours de perfectionnement commencèrent à prendre une orientation professionnelle. Cette évolution salutaire se produisit spontanément dans tous les États de l'Allemagne : chaque État, chaque ville, chaque association professionnelle réalisa l'œuvre à sa manière. Mais il manquait à ces créations indépendantes une sorte de charte qui, en orientant et combinant les efforts, fût capable de les décupler.

C'est le *Code industriel de l'Empire* (Reichs-Gewerbe-Ordnung), publié le 21 Juin 1869, qui combla cette lacune. Tous les textes relatifs à l'enseignement professionnel (en particulier les articles 97, 100, 103 et 120) peuvent se résumer ainsi :

1° Chaque État de l'Allemagne peut rendre obligatoire la fréquentation des écoles de perfectionnement général pour tous les apprentis jusqu'à l'âge de 18 ans.

2° A défaut d'une loi d'État, un simple arrêté municipal peut introduire cette obligation.

3° Les apprentis qui suivent les cours professionnels peuvent être dispensés d'aller à l'école de perfectionnement général.

4° Tout patron doit laisser à ses employés le temps nécessaire pour suivre ces cours.

5° Les corporations ont le devoir de créer des écoles professionnelles pour les apprentis.

6° Les patrons étrangers à la corporation peuvent être contraints de soutenir l'école par des versements égaux à ceux des membres.

Après la guerre franco-allemande, nos vainqueurs, relevés de leur abaissement séculaire, conçurent un immense orgueil et une grande ambition : transporter leur victoire militaire sur le terrain économique. Grâce à cet enthousiasme, les prescriptions du Code industriel de l'Empire reçurent une application générale et prompte. De toutes parts, les industriels, les corporations, les communes et les États fondèrent des écoles de perfectionnement industriel, qui, à l'heure actuelle, sont presque toutes directement ou indirectement obligatoires pour tous les apprentis au-dessous de 18 ans.

L'obligation est indirecte dans le cas suivant : l'État ou la commune a décidé que tous les apprentis doivent fréquenter l'école de perfectionnement général ; mais, s'ils vont à une école industrielle, ils sont dispensés de cette obligation ; aussi, la seconde étant pour eux la plus intéressante, c'est celle qu'ils choisissent, et la première n'a comme élèves que des jeunes gens dépourvus de métier.

Les écoles se sont adaptées aux besoins locaux et présentent entre elles des différences fort grandes. Cependant, une certaine uniformité de méthode tend à s'établir : de plus en plus les cours du soir sont reportés aux heures normales du travail ; d'autre part, les ateliers scolaires deviennent toujours plus nombreux : ils permettent aux élèves à la fois de compléter les connaissances pratiques trop spécialisées données par le patron et d'appliquer les enseignements théoriques de l'école.

Munich est la ville qui a consacré la plus grande activité à l'organisation de l'enseignement professionnel, grâce à l'initiative du Dr Kerschensteiner, Directeur de l'Enseignement municipal.

Six ans ont suffi au Dr Kerschensteiner pour assurer le fonctionnement complet de son œuvre, C'est en 1900 qu'il décidait la municipalité à transformer les cours de perfectionnement général en écoles d'instruction professionnelle et, en 1906, on put ouvrir la dernière de ces écoles.

L'année suivante, on créa, dans toutes les écoles primaires de garçons, une huitième classe

obligatoire avec enseignement des travaux manuels. Cette réforme donna à l'école de perfectionnement sa complète efficacité éducative : les garçons qui ont accompli leur quatorzième année ou terminé leurs études de huitième ont une maturité d'esprit suffisante pour suivre avec profit les cours de l'école de perfectionnement.

L'École de perfectionnement de Munich compte 9.000 jeunes gens répartis en 52 écoles professionnelles, 12 écoles de perfectionnement général et une école d'arriérés. Les premières sont destinées aux apprentis, les autres sont exclusivement réservées aux 1.100 élèves qui n'exercent pas de métier déterminé : garçons de courses, journaliers, domestiques, etc. Chaque métier a son école spéciale dès qu'il peut réunir 20 élèves.

Les dépenses annuelles se montent à 900.000 fr. ; l'instruction de chaque élève revient donc à 100 francs, tandis qu'elle est de 116 dans les écoles primaires et de 250 dans les établissements secondaires. L'État de Bavière et la ville se partagent les frais.

Les écoles professionnelles sont groupées dans sept bâtiments vastes et neufs, spécialement construits pour elles : l'un est réservé aux commerçants, un autre aux différentes industries de la peinture, un troisième aux métiers du bâtiment et aux arts industriels, un quatrième à la chaudronnerie, à la serrurerie, à la mécanique de précision, un cinquième à toutes les industries du bois et les deux autres à des professions très variées.

L'école de boucherie est annexée à l'abattoir municipal et l'école de jardinage possède son jardin particulier.

Dès leur sortie de l'école primaire, les jeunes gens doivent fréquenter l'école de perfectionnement pendant toute la durée de leur apprentissage ou jusqu'à l'âge de 18 ans[1].

L'enseignement est de 8 à 10 heures par semaine. Sur six journées de travail, l'apprenti en consacre à l'école une entière ou deux demies.

Dans toutes les écoles professionnelles, le programme des études se divise en deux parties relativement distinctes :

1° Les matières d'enseignement général : religion, allemand (lecture, correspondance d'affaires), comptabilité et calcul, hygiène et instruction civique. On y consacre quatre heures par semaine. Les professeurs s'efforcent (sauf pour la religion) d'adapter leurs cours aux besoins spéciaux de chaque profession.

1. L'obligation existe aussi pour les filles ; mais pendant 3 ans et à raison de 3 heures par semaine seulement.

2° Les matières d'enseignement technique : travaux pratiques, sciences de base, technologie, dessin (4 à 6 heures par semaine).

L'enseignement de l'instruction civique présente une réelle originalité : l'élève étudie le développement historique de sa profession ; le maître lui dévoile, dans les luttes qu'ont soutenues ceux qui exerçaient le même métier que lui, la solidarité toujours plus étroite des intérêts de tous les citoyens ; il lui met sous les yeux des exemples concrets de dévouement à la collectivité ; il lui montre ainsi, peu à peu, comment sont nés les devoirs qui incombent aujourd'hui à la commune et à l'État et quels sont les droits et les devoirs de l'individu dans le cadre de la communauté municipale ou nationale.

Les cours d'hygiène sont complétés par des leçons de gymnastique et des jeux organisés le dimanche après-midi et pendant les jours fériés.

Les travaux pratiques (à l'atelier, au laboratoire de physique et de chimie, à l'entrepôt des marchandises) forment le centre et, pour ainsi dire, le pôle attractif de tout l'enseignement. Le dessin est en connexion étroite avec ces travaux : aucun objet n'est dessiné, qui ne soit ensuite fabriqué à l'atelier, et aucun n'est fabriqué à l'atelier qui n'ait été préalablement dessiné. Pour tout objet, on établit un devis avant la fabrication et, après, on calcule le prix de revient.

Aux travaux pratiques s'unissent aussi l'étude des matières premières, la technologie des outils et celle des machines. Quand des notions de physique et de chimie sont nécessaires, on conduit les élèves dans des laboratoires, où on leur indique les lois qui leur permettront de comprendre les exercices pratiques et d'expérimenter avec succès des procédés nouveaux.

Le but de l'enseignement technique n'est pas de fabriquer quelques pièces curieuses, mais d'inspirer à l'apprenti le goût du travail consciencieux et de lui donner, par la sûreté de ses connaissances, l'esprit d'initiative et le courage d'entreprendre d'autres essais.

Nous ne saurions songer à passer en revue les 52 écoles professionnelles de Munich[1]. Nous nous bornerons à donner quelques indications sommaires sur deux d'entre elles, consacrées à des professions pour lesquelles nous serions tentés de méconnaître, au premier abord, l'utilité d'un enseignement technique : nous voulons parler de l'école des cochers de fiacre et de celle des ramoneurs.

1. Voir notre ouvrage, déjà cité : *L'œuvre scolaire du Dr Kerchensteiner à Munich*. (Dunod et Pinat, Paris, 1914.)

Les apprentis *cochers* vont à l'école de perfectionnement professionnel 7 heures par semaine pendant 3 ans. L'étude du cheval occupe la première place dans leur instruction technique : ils apprennent l'anatomie des différents organes, en particulier ceux de la locomotion, la manière de reconnaître l'âge des chevaux et de distinguer les principales races, les soins à donner au cheval à l'écurie, les règles à suivre dans la rue pour conduire ou stationner, etc. Ce cours est complété par des visites d'écuries modèles, de maréchaleries et de carrosseries.

La première année, on consacre beaucoup de temps aux promenades ; tout en parcourant les différents quartiers de la ville, le professeur en fait l'historique aux élèves ; dès qu'on rencontre un monument public ou une curiosité, tout le monde s'arrête et le maître donne toutes les indications de nature à intéresser les touristes.

Les années suivantes, les leçons ont lieu à l'école même : les jeunes gens apprennent à connaître l'histoire, non seulement de certains quartiers ou de quelques monuments remarquables, mais de la ville tout entière ; ils étudient le plan avec beaucoup de soin et s'exercent à en faire des esquisses partielles, s'habituent à se servir rapidement des guides et des indicateurs de chemins de fer, traçent eux-mêmes des projets de promenades circulaires en ville ou d'excursions à la campagne, en un mot ils deviennent éminemment capables de satisfaire leurs clients étrangers. Il est regrettable que cet enseignement si pratique ne soit pas complété par l'étude des langues vivantes : cette mesure serait utile à beaucoup de voyageurs et ne resterait pas sans influence sur les pourboires.

Au programme de l'enseignement réservé aux *ramoneurs* figure la théorie du chauffage (2 heures par semaine en troisième année). Les jeunes gens font des calculs basés sur des expériences concernant les foyers et les poêles. De ces calculs ils déduisent des connaissances précises sur les qualités et les prix de revient des combustibles, la nécessité de l'aération, les explosions des poêles, la température de combustion, la fumée et la suie, les dimensions à donner à la cheminée pour obtenir la chaleur maximum avec le minimun de combustible et de fumée.

Le cours de dessin (2 heures par semaine pendant 2 ans) est en étroit rapport avec... les règlements de police : il fait connaître aux apprentis les différentes manières dont on peut construire une cheminée, tout en observant ces règlements d'une façon stricte.

Pendant 2 heures par semaine en troisième année, les élèves reçoivent aussi, sous le nom de « Gewerbekunde », un enseignement complexe, qui embrasse les sujets suivants : l'histoire des procédés de chauffage et de la profession, la technologie de l'outillage, les règlements de l'administration municipale et de la police, la comptabilité, les contrats de travail, la caisse corporative de secours en cas de maladie, le Syndicat des ramoneurs, les lois de prévoyance contre les accidents, l'assurance contre l'invalidité, enfin des notions sur les chèques et le change.

Aux 52 écoles professionnelles obligatoires pour apprentis sont annexées des écoles facultatives, où les ouvriers et patrons âgés de plus de 18 ans peuvent aller compléter leurs connaissances techniques. Elles sont suivies par 2.500 élèves.

Munich n'est pas la seule ville qui s'occupe de perfectionner l'instruction professionnelle des adultes. La *Prusse* possède plus de quarante institutions qui, en général, portent le nom d'*Ecoles de Métiers et d'Arts industriels*. Le nombre des élèves est de 25.000. Les cours ont généralement lieu le soir ou le dimanche matin, pour ne pas gêner les ouvriers dans l'accomplissement de leur tâche habituelle. Cependant, beaucoup d'écoles ont organisé des classes de jour ; elles sont fréquentées par des peintres pendant la morte-saison et par des professionnels de toutes sortes, qui n'hésitent pas à abandonner leur métier pendant quelque temps pour s'instruire davantage et améliorer ensuite leur situation.

Dans les autres Etats, les institutions de ce genre ont acquis un développement tout aussi grand. D'ailleurs, le plus souvent, la Prusse n'a fait que suivre l'exemple des États méridionaux, en particulier de la Saxe et du Grand Duché de Bade.

Avec une pareille organisation scolaire, dont l'influence pénètre jusque dans les couches les plus profondes de la société, comment s'étonner de ce que l'industrie allemande a pris un tel essor et constitue aujourd'hui un véritable danger mondial ?

IV. — Les Réformes nécessaires

En somme, les institutions qui caractérisent le mieux l'apprentissage professionnel sont, en France, l'Ecole pratique et, en Allemagne, l'Ecole de perfectionnement. Nous avons vu que cette différence d'organisation résulte de la nature même des besoins : nous devions *suppléer* à l'apprentissage traditionnel, tandis que nos ennemis n'avaient qu'à le *compléter*. On comprend, dès lors, combien il serait inopportun de transporter chez nous le système allemand, sans l'adapter à notre situation particulière.

La fondation de nos *Ecoles pratiques* d'industrie a été, avons-nous dit, la tentative la plus sérieuse entreprise par le Gouvernement, d'accord avec les municipalités, pour remédier à la crise de l'apprentissage.

Il importe, après la guerre, de donner à ces écoles une grande impulsion. Malgré leur faveur croissante, en effet, les Ecoles pratiques ne sont pas encore assez connues du public : bien des personnes, instruites d'ailleurs, en ignorent le but et même l'existence. Il est urgent de mettre un terme à cette situation préjudiciable au bon recrutement des élèves. Le remède est fort simple : chaque établissement devrait publier une brochure annuelle, où il indiquerait le but poursuivi, les conditions d'admission, le programme des études, les résultats obtenus, les situations occupées par les anciens élèves, les noms et adresses des professeurs, etc., comme le font presque toutes les écoles d'Allemagne. Nous voudrions une édition soignée, attrayante, capable de forcer l'attention et d'attirer les élèves. Cette bonne réclame serait particulièrement efficace (et les frais notablement diminués), si les brochures étaient éditées par l'Ecole de Nîmes, pourvue d'une section d'imprimerie et de lithographie.

La matière première pourrait même être fournie avantageusement par des écoles de papeterie.

Une fois les Écoles pratiques bien connues du public, il ne sera généralement pas nécessaire, pour en multiplier le nombre, de procéder à de véritables créations : il suffira, le plus souvent, de transformer les Écoles primaires supérieures, dont l'enseignement, trop général, n'est plus en harmonie avec les besoins économiques de la vie moderne.

Quoique les Écoles pratiques aient fait leurs preuves, il serait exagéré de les considérer comme parfaites, et l'on doit les améliorer encore, si l'on veut qu'elles rendent tous les services qu'on est en droit d'en attendre. Les ouvriers qu'elles forment, disent beaucoup d'industriels, sont instruits ; en particulier, ils savent lire un dessin, ce qui est une qualité essentielle dans la mécanique, mais ils travaillent trop lentement. — Le reproche n'est pas très grave : il suffit aux élèves sortants de quelques semaines de pratique pour se corriger de cette mauvaise habitude. Toutefois il vaut mieux éviter le défaut signalé — et on le peut en adoptant en troisième année l'organisation industrielle du travail. L'expérience a été tentée à Tourcoing avec succès : l'Ecole prit les commandes, qui firent toutes l'objet d'une exécution rigoureuse et dans les délais prescrits. La fabrication se fit en série, comme dans les ateliers industriels. Les élèves reçurent un salaire fixé d'après la difficulté de l'ouvrage et le temps alloué. Les sommes touchées pour une période de 3 mois varièrent de 25 à 120 francs. Inutile de dire que les jeunes gens et leurs familles furent fort satisfaits de cette rétribution. Pendant toute la durée de leur tâche, les élèves firent preuve d'un entrain inaccoutumé. N'est-ce pas là un bon remède à la lenteur d'exécution qu'on peut observer trop souvent dans les ateliers scolaires ?

Une autre réforme nous paraît utile et même essentielle : reculer l'âge de l'admission à ces écoles. L'expérience a montré que les élèves éprouvent une réelle difficulté à comprendre certains cours, notamment ceux de Mathématiques et de Physique. Ils ne puisent dans l'enseignement de l'histoire que la mémorisation éphémère de quelques faits particuliers ; c'est à peu près vainement que le professeur s'efforce de donner à ses leçons la valeur éducatrice qu'elles devraient comporter.

Enfin, les trois années de scolarité (de 12 à 15 ans ou de 13 à 16) correspondent à un développement physique insuffisant : beaucoup d'enfants sont forcés soit de négliger leur travail, soit de se surmener. L'enseignement serait bien plus profitable, les élèves se pénétreraient beaucoup mieux des bonnes méthodes de travail, si l'âge d'admission était reporté à 14 ans.

Mais c'est à 12 ans que les enfants sortent de l'école primaire. Comment employer ces deux années d'intervalle ? On a proposé de rendre l'école primaire obligatoire jusqu'à l'âge de 14 ans, comme dans les pays voisins du Nord et de l'Est : Suisse, Hollande, Suède, Norvège, Danemark, la plus grande partie de l'Allemagne, etc.

L'idée nous paraît excellente et nous l'adoptons de grand cœur, mais en la précisant : à notre avis, les deux dernières années d'école primaire devraient être consacrées au préapprentissage. Certes, l'enseignement général occuperait encore la plus grande partie du temps ; mais il serait déjà orienté vers les préoccupations professionnelles. Dans les cours d'instruction civique, l'instituteur mettrait en relief les avantages et les inconvénients des différentes carrières, en se plaçant au point de vue de la situation économique locale. L'Administration pourrait même faire rédiger un manuel de classe traitant du choix d'un métier et renseignant les élèves sur les heures de travail, le taux des salaires, la pénurie ou la pléthore d'ouvriers dans chaque spécialité, le capital et les autres conditions

nécessaires pour s'établir à son compte, etc. Ce livre aurait la plus grande utilité pour l'orientation future des jeunes gens.

En outre, on apprendrait aux enfants les notions élémentaires du commerce, le dessin géométrique et le maniement des outils employés dans la menuiserie, le travail du fer et les principales industries locales.

Dans les petites villes, un roulement bien établi permettrait sans doute d'utiliser l'installation de l'École pratique. Dans les grandes cités, il faudrait créer des ateliers spéciaux : cette œuvre ne serait pas irréalisable, puisque Bordeaux et quelques autres villes l'ont déjà exécutée. Elle serait, en outre, peu coûteuse, car, désireux de réclame, beaucoup d'industriels donneraient volontiers l'outillage nécessaire.

En exerçant leur dextérité manuelle dans les divers ateliers du bois et du fer, les élèves découvriraient les goûts et les aptitudes qui sommeillent en eux et choisiraient plus tard leur profession en toute connaissance de cause.

A un autre point de vue, les *classes* de préapprentissage (qu'on pourrait transformer en *écoles* en leur conférant l'autonomie) sont absolument indispensables : elles combleraient l'hiatus que la loi de novembre 1892 a ouvert entre la sortie de l'école primaire (12 ans) et l'admission dans les ateliers (13 ans).

On éviterait ainsi aux jeunes garçons le vagabondage des rues et les contacts malsains, qui risquent de les corrompre à jamais.

En organisant les écoles de préapprentissage et en multipliant les Écoles pratiques, on accomplirait une œuvre excellente, certes, mais insuffisante. Pour que notre industrie prenne tout son essor, c'est à la masse entière du peuple qu'il faut donner l'instruction professionnelle et l'éducation sociale indispensable. Or, les enfants du peuple ont besoin de travailler dès leur sortie de l'école primaire.

Que faire pour ces jeunes gens qui ne peuvent profiter de l'enseignement des Ecoles pratiques? Tout d'abord, abroger la loi du 30 mars 1900, qui met un obstacle à leur entrée dans l'industrie avant l'âge de 18 ans. Mais cette mesure ne saurait apporter une solution à la crise de l'apprentissage. En effet, la plupart des jeunes garçons qui réussissent à se faire accepter dans les usines sont employés comme *petites-mains*, c'est-à-dire comme aides rétribués. Ils ne font pas un apprentissage normal et ils n'ont pas le droit de se plaindre, puisque le salaire qu'ils touchent leur ôte la qualité d'apprentis.

Comment remédier à cette situation fâcheuse; si préjudiciable à l'avenir de notre industrie? S'efforcera-t-on de restaurer l'apprentissage dans les ateliers patronaux? Ce serait là une tâche ardue, vouée à un échec presque certain. En effet, comme le dit fort bien M. Kula dans le *Bâtiment* du 29 octobre 1911, « tout apprentissage, dans n'importe quel métier, exige au début trois choses, à savoir :

« 1° Qu'un ouvrier de bonne volonté s'occupe de l'apprenti pour lui apprendre à travailler et lui montrer le maniement des outils. Or, de tels ouvriers, qui étaient légion autrefois, sont extrêmement rares aujourd'hui;

« 2° Que l'apprenti gâche beaucoup de marchandises. Or, le gaspillage n'est plus possible;

« 3° Que l'apprenti fabrique à la main, parce que seule la fabrication à la main donne l'habileté de main, de l'ajustage et du tracé ; mais on sait aussi que la fabrication à la main, principalement celle qui était réservée aux apprentis, ne se pratique plus. »

On ne résoudra donc la crise que si l'on cherche en dehors des voies traditionnelles, pour adopter aux nouvelles conditions de travail un apprentissage nouveau.

L'enquête de 1901, en dénonçant une fois de plus la gravité de la situation, a déterminé un courant en faveur de l'enseignement professionnel.

Des propositions de lois, déposées en 1905 par M. Dubief, alors ministre du Commerce, le 10 février 1908 par M. Henri Michel, député [1], le 26 juin 1909 par M. Dron, vice-président de la Chambre des députés, le 16 mars 1911 par M. Ferdinand Buisson, et, peu de temps après, par M. Jules Siegfried, préconisent des mesures excellentes, mais incomplètes. Elles ont le commun défaut de n'envisager que la préparation professionnelle théorique ; toutes présupposent — à tort — que l'apprentissage pratique, tel qu'il est donné dans les ateliers, est parfait.

Si aucune de ces propositions n'a été votée avant la guerre, c'est surtout à cause de l'antagonisme du ministère de l'Instruction publique et du ministère du Commerce, désireux de soutenir l'un ses 500 Ecoles primaires supérieures, l'autre ses 60 Ecoles pratiques.

Il serait urgent de mettre un terme à cette rivalité, en donnant la direction de tous les établissements scolaires à un seul et même organe, qu'on pourrait créer sous le nom de *ministère de l'Education nationale*.

Quand la fusion nécessaire sera réalisée, le mieux sera, nous semble-t-il, d'adopter une loi

1. Actuellement sénateur des Bouches-du-Rhône.

qui complète les unes par les autres les diverses mesures proposées jusqu'ici. Voici les principaux éléments de la solution que nous préconisons, en nous inspirant de l'organisation allemande, mais en adaptant cette organisation aux besoins de notre pays.

On ouvrirait des cours de perfectionnement dont la fréquentation serait obligatoire, pendant trois ans, pour tous les jeunes gens, immédiatement après la sortie des classes de préapprentissage. Pour que l'obligation ne restât pas lettre morte, il faudrait que la police elle-même (et non pas la municipalité) fût chargée de la faire respecter.

Il semble, au premier abord, que le principe de l'obligation nuirait à la qualité des études. En réalité, il serait facile, du moins dans les localités importantes, de remédier à cet inconvénient : il suffirait d'organiser une ou plusieurs classes spéciales pour les paresseux, les arriérés et les indicisplinés. La plupart des apprentis mettraient leur amour-propre à ne pas être envoyés dans ces classes dont la dénomination seule serait humiliante pour eux.

Beaucoup de petites agglomérations seraient dans l'impossibilité de créer des cours professionnels : la loi les en dispenserait. Le projet de M. Siegfried prévoit la dispense pour toutes celles qui comptent moins de 10.000 habitants. La loi hongroise du 21 mai 1884, mieux adaptée aux réalités économiques, l'admet pour les villes qui ne peuvent réunir 50 apprentis. Cette dernière méthode nous paraît préférable.

Les charges financières, qu'il serait possible de répartir entre l'Etat, les communes et les employeurs, n'auraient rien d'exagéré. En effet, on a calculé qu'un apprenti coûte environ 25 francs à Cologne, 22 à Vienne et 13 à Berlin. Dans la région du nord de la France, les cours professionnels sont au nombre de 362, fréquentés par 5.000 élèves; le prix de revient d'un élève est exactement de 25 francs.

Nous ne saurions entrer dans tous les détails que comporterait l'organisation des cours de perfectionnement. Nous nous bornerons à présenter quelques réflexions sur les points suivants : locaux, heures de classe, programme des études, sanction des cours, administration et personnel enseignant.

1° *Locaux.* — Les locaux des écoles primaires suffiraient chaque fois que les cours théoriques formeraient tout le programme. Quand ils seraient complétés par des travaux pratiques, il faudrait un bâtiment spécial, où l'on grouperait les ateliers et les salles de classe.

2° *Heures de cours.* — L'expérience de nos voisins d'outre-Rhin a prouvé surabondamment que les jeunes gens sont incapables de tout effort intellectuel sérieux après leur journée de travail. Il est donc indispensable que les leçons soient données pendant cette journée même.

Les cours auraient lieu dix mois durant, à raison de 8 heures par semaine; cependant, pour les métiers à morte-saison, il vaudrait mieux les supprimer aux époques de gros travail, pour en augmenter le nombre pendant la période de calme.

3° *Programme des études.* — Le plan des études serait variable suivant les professions ou plutôt — car elles sont trop nombreuses — suivant les groupes de professions. Nous ne pourrons donner là-dessus que des indications très sommaires.

Le programme se diviserait en trois parties :

a) Un enseignement général compléterait l'instruction primaire, mais serait orienté vers le métier de l'élève : par exemple, en français, l'apprenti pourrait rédiger des rapports concernant les défauts d'une machine, la protection contre les accidents, etc.

L'histoire des professions aurait une grande utilité : l'élève étudierait les améliorations successivement apportées à son métier ; la notion de progrès pénétrerait en lui avec force ; bientôt son esprit prendrait l'habitude de l'activité et il s'acquitterait de sa tâche journalière en ouvrier intelligent, capable de se transformer en inventeur.

b) Les sciences qui servent de base à la profession (mathématiques, technologie, dessin, botanique, etc., combinées dans des proportions variables suivant le cas) feraient l'objet d'un enseignement succinct, mais précis.

c) Les exercices pratiques auraient pour but de compléter les travaux exécutés dans les ateliers patronaux. Puisque, dans ces derniers, l'apprenti (ou plutôt la petite-main) ne fabrique que la dixième partie d'un objet, apprenons-lui à l'école à fabriquer les neuf autres : ainsi, quand il y aura trop d'ouvriers dans sa spécialité, il pourra changer facilement et ne sera pas réduit au chômage. Il ne s'agit pas, naturellement, de lui donner une habileté consommée : toute habileté suppose un automatisme inconscient acquis par une longue pratique. Il suffira de lui exposer clairement toutes les phases de la fabrication et de lui faire exécuter quelques objets entiers.

Nous attachons une grande importance à l'éducation économique et sociale. Les apprentis et leurs parents en sont totalement dépourvus : aussi accueillent-ils parfois avec une facilité

dangereuse les déclarations aussi vides qu'enflammées de quelques politiciens arrivistes.

Que l'ouvrier désire améliorer sa situation et tirer de son salaire un parti plus habile, rien de plus juste; mais encore faut-il qu'il soit renseigné sur les moyens pratiques à employer pour réaliser équitablement ce double désir. Les cours de perfectionnement accompliraient une œuvre des plus utiles en l'instruisant à ce sujet: ils contribueraient à refaire l'unité morale de la France et à éviter le gaspillage des forces économiques, qui ne manque pas de se produire dans toutes les crises politico-sociales.

4° *Sanction des cours.* — Un certificat de fin d'études, délivré après examen, serait une sanction excellente, à la condition qu'il fût exigé de quiconque solliciterait un emploi. Si les patrons membres d'une Chambre syndicale s'entendaient pour refuser de prendre à leur service, autrement que comme simple apprenti, tout jeune homme non pourvu de ce certificat, ils auraient vite fait de peupler leur maison de collaborateurs véritables.

5° *Administration.* — Nous sommes tout à fait partisan du vœu exprimé par le Congrès national de l'apprentissage réuni à Roubaix en 1911 : « Que l'élaboration des programmes, la direction et la surveillance des cours professionnels soient confiées à des Comités locaux d'apprentissage, dont feront partie des délégués des Chambres de commerce et des Chambres syndicales patronales et ouvrières, des représentants d'associations d'anciens élèves, des représentants élus des patrons et des ouvriers concurremment avec des représentants de l'Etat et des communes, dans des proportions telles que l'élément professionnel y occupe une place prépondérante. »

Pour déférer au désir du Congrès, le ministre du Commerce rendit un décret dans ce sens le 24 octobre 1911. Il instituait dans chaque département un Comité départemental de l'enseignement technique, et dans chaque canton un Comité cantonal. Malheureusement, ce décret accorde une place prépondérante aux éléments politiques; il faut le modifier, si l'on veut que les cours soient administrés par des gens compétents.

6° *Personnel enseignant.* — Les instituteurs, malgré toute leur bonne volonté, ne sauraient être chargés de donner un enseignement pour lequel une préparation spéciale et sérieuse s'impose.

En Allemagne, les écoles de perfectionnement technique ont souvent recours à eux; mais c'est seulement lorsqu'elles ne possèdent pas un personnel plus qualifié. Du reste, les instituteurs ne sont jamais que des « maîtres auxiliaires »; de plus en plus, on nomme des « professeurs titulaires », spécialement formés pour leur tâche. Le mieux serait de faire appel à des techniciens intelligents (ouvriers ou patrons), pour lesquels on organiserait un cycle de conférences pédagogiques, comme cela se fait déjà en Prusse et dans la plupart des autres États de l'Allemagne. Ces cours normaux se tiendraient au chef-lieu du département.

On pourrait aussi envoyer quelques-uns de ces maîtres à l'École normale d'enseignement technique pour y accomplir un stage. Enfin, certains cours seraient avantageusement confiés à des professeurs d'Ecoles pratiques ou d'Ecoles d'arts et métiers.

L'organisation que nous venons d'esquisser, avec ses trois branches essentielles — Écoles de préapprentissage, Écoles pratiques et Cours de perfectionnement — suffirait à résoudre la crise de l'apprentissage et à donner à notre industrie une impulsion salutaire. Elle réaliserait même une œuvre plus haute, d'une portée sociale et nationale, si les écoles se doublaient de véritables patronages : les excursions en commun, les salles de lecture, de jeux, de gymnastique, les conférences instructives avec projections, les soirées littéraires et récréatives exerceraient sur la mentalité ouvrière une influence incalculable. Elles aussi contribueraient puissamment à faire une France nouvelle, digne cette fois d'être appelée « une et indivisible ».

Elie Bertrand,
Docteur ès lettres,
Professeur à l'Ecole nationale d'Arts
et Métiers d'Angers.

LES NOUVELLES MÉTHODES DE L'INDUSTRIE MODERNE

REMPLACEMENT DE LA MAIN-D'ŒUVRE HUMAINE PAR LE TRAVAIL MÉCANIQUE

La renaissance industrielle qui suivra chez nous, nous l'espérons tous, la conclusion de la paix, doit faire envisager d'une façon toute particulière la question de l'économie de la main-d'œuvre. Cette étude s'impose pour deux raisons :

1° Le manque de bras disponibles à la fin de la guerre, causé par le déchet formidable en hommes valides. Ce manque de bras se révèlera de deux façons :

a) D'une façon absolue, c'est-à-dire par le trop

petit nombre de travailleurs, étant donné le nombre des tués et des mutilés incapables de tout travail ;

b) Par le nombre considérable d'amputés qui, ayant perdu soit un bras, soit une jambe, ne sont plus en état de fournir l'effort physique qu'on peut attendre d'hommes sains, mais qui néanmoins seront à même de remplir leurs anciennes fonctions s'ils sont aidés par un mécanisme approprié.

2° La constatation, qui s'impose chaque jour plus fortement à notre esprit, de l'insuffisance de l'outillage national.

Si l'on compare cet outillage, on s'aperçoit qu'il nous faut réaliser de très sérieux progrès dans cette voie pour nous mettre à même de profiter au point de vue économique de l'ascendent moral que ne manquera de nous donner vis-à-vis de l'étranger la conclusion heureuse de la guerre. En résumé, il va nous falloir économiser la main-d'œuvre :

1° Parce qu'elle sera rare ;

2° Parce que le développement industriel et commercial du pays n'est compatible qu'avec cette économie.

La nation qui a certainement le mieux réalisé cette épargne des bras est l'Amérique du Nord.

On a bien été obligé, en effet, d'y être économe, parce que la main-d'œuvre y manquait et y est encore insuffisante dans bien des endroits. Toutefois, le fait que l'Amérique peut déjà depuis plusieurs années exporter en Europe des marchandises de toutes sortes montre que les industriels de là-bas se sont engagés dans la bonne voie quand, par suite des circonstances, ils ont été amenés à remplacer l'homme par le machinisme. Examinons donc rapidement quelques-unes des méthodes les plus caractéristiques employées aux Etat-Unis pour obtenir des hommes et des choses le rendement maximun.

I. — MANUTENTION DES MARCHANDISES.

C'est un des champs les plus vastes pour la substitution du travail mécanique à la main-d'œuvre humaine. Exemples :

1° *Déchargement du charbon dans les gares.* — Cette opération se fait à peu près partout en France de la manière suivante : les rames de wagons de charbon sont amenées sur une voie de garage ; des tombereaux attelés viennent se ranger perpendiculairement à la voie. On ouvre les portes des wagons et des manœuvres poussent avec des pelles, tant bien que mal, le charbon du wagon dans le tombereau. Quand le wagon est à peu près au tiers vide, il faut pelleter le reste du charbon. Les wagons pour ce transport sont d'ailleurs construits comme ils l'étaient lors de la construction des chemins de fer. De progrès depuis cette date : néant.

En Amérique, dans toutes les gares de quelque importance se trouve une estacade assez élevée pour laisser passer un tombereau ; celui-ci se place sous une trémie fixée à l'estacade juste au-dessous des rails. Les wagons sont poussés sur l'estacade au moyen d'un plan incliné. Ils sont eux-mêmes construits en forme de trémie.

Un manœuvre ouvre le registre de fermeture, le charbon tombe dans la trémie fixe qui constitue réservoir. Une deuxième opération analogue permet de remplir le tombereau en quelques minutes. Deux hommes : un sur l'estacade, un à terre, suffisent pour le déchargement de plusieurs tombereaux à la fois.

Les tenders des locomotives font leur plein d'une manière analogue en venant se placer sous l'estacade au moyen d'un raccordement.

2° *Transport des caisses et ballots*, etc. — Les usines et les entrepôts ont généralisé l'emploi des transbordeurs mono-rails. Ceux-ci sont généralement installés à une hauteur de 4 à 5 mètres pour permettre le passage des voitures. Ils se composent de poutres en fer, fixées le long des bâtiments, et traversent les espaces ouverts sur des chevalets. Sur ces poutres roulent des chariots porte-fardeaux, la charge étant maintenue à hauteur d'homme pour faciliter la manœuvre. Un homme seul peut ainsi manutentionner des charges de plusieurs centaines de kilogs. Le dispositif permet également le chargement et le déchargement rapide des trucks et des camions.

3° *Emploi généralisé de la gravité.* — D'une façon générale, aux Etats-Unis, les usines sont bien plus souvent qu'en France disposées de telle sorte que la circulation entre les différents ateliers puisse avantageusement employer la gravité. Il ne faut pas perdre de vue que la gravité ne coûte rien à produire et que le rendement qu'on en obtient est excellent. Quand on établit les plans d'une usine (chose fréquente en Amérique, où les entreprises importantes ne sont pas comme en France composées d'ateliers ajoutés successivement à un bâtiment principal plus ou moins ancien), on s'arrange de façon que les matières premières à l'arrivée soient immédiatement envoyées à l'étage le plus élevé, d'où elles descendront au fur et à mesure de leur finition.

A l'usine des machines agricoles Mc Cormick, à Chicago, appartenant à la International Harvester and Co., la fonderie a été installée à l'étage supérieur ; les pièces descendent d'étage en étage d'abord à l'usinage, puis au montage

des machines. L'emballage et l'expédition se font au rez-de-chaussée.

4. *Eviter les transbordements.* — De très importantes économies de main-d'œuvre peuvent être réalisées simplement en évitant les transbordements.

Ceux-ci sont toujours coûteux et entraînent des retards considérables, souvent préjudiciables aux expéditions de denrées périssables.

Dans cet ordre d'idée, les Compagnies de chemins de fer américaines n'ont pas hésité à dépenser des sommes énormes pour éviter les transbordements. La ville de New-York étant bâtie sur une île entre une rivière, l'Hudson, et un bras de mer, l'East River, il était nécessaire d'amener au moyen de pontons les marchandises aux chantiers se trouvant sur la rive de l'Etat de New Jersey. La Compagnie du Pennsylvania a créé à grands frais deux tunnels sous l'Hudson, et, non contente de ce premier progrès, a prolongé un souterrain sous l'East River jusqu'à Long Island pour se raccorder au petit réseau de cette île, et pouvoir ainsi accaparer le trafic des usines du gros faubourg industriel de Brooklyn.

De même, le Michigan Central a percé un tunnel sous la rivière de Detroit pour raccorder son réseau à la ville du même nom.

Comme application du principe ci-dessus s'impose plus que jamais, après la guerre, la reprise des travaux du tunnel sous la Manche. La possibilité de faire passer des wagons sous le détroit réduirait dans des proportions considérables la manutention des marchandises dans les ports. Tout au plus faudrait-il prévoir un seul transbordement de wagon à wagon à Boulogne ou à Douvres, pour tenir compte de la différence des gabarits anglais et français. Encore pourra-t-on certainement réaliser dans l'avenir des types de wagons capables de circuler sur les deux réseaux.

5. *Transports automobiles.* — La conclusion de la paix offrira pour beaucoup d'industriels et d'entrepreneurs une occasion excellente de substituer la traction automobile à la traction animale pour leurs transports.

Il y aura en effet, d'une part pénurie de chevaux, d'autre part mise en vente par l'Etat d'une grande quantité de camions automobiles, dont beaucoup bien entretenus, certains même relativement neufs, constitueront une affaire excellente. Comme, d'autre part, ces même industriels et entrepreneurs se seront défaits dans de bonnes conditions, par la réquisition, de leurs chevaux et de leurs voitures, ils pourront réorganiser leur matériel roulant sans subir de grosses pertes.

Or il ne faut pas perdre de vue que le rendement en tonnes kilométriques par jour d'un camion automobile peut s'élever du double au quadruple de celui d'un camion à chevaux, tout en ne nécessitant, dans un cas comme dans l'autre, qu'un seul conducteur. A part toute autre considération, l'adoption du nouveau mode de traction se traduirait donc par une sérieuse économie de main-d'œuvre.

6. *Distribution des produits dans les usines.* — Les usines et ateliers qui utilisent de grandes quantités de matières liquides peuvent avantageusement installer une distribution sous pression. Exemples :

a) *Atelier de peinture du Pennsylvania à Pittsburg.* — Cet atelier, qui est un modèle du genre, se compose d'un bâtiment à étage dans lesquels les wagons à voyageurs sont nettoyés, peints, vernis et séchés. Dans la cave du bâtiment se trouvent de grands réservoirs contenant tous les liquides nécessaires aux opérations ci-dessus mentionnées; pour chacun d'eux existe une tuyauterie amenant le produit à proximité des ouvriers travaillant sur les voitures.

Il n'y a donc aucune manipulation de liquide en vase ouvert, ce qui, en outre, constitue une sécurité des plus importantes, étant donnée l'inflammabilité de tous ces produits.

L'ascension de tous ces liquides se fait par l'air comprimé au moyen de pompes situées dans le sous-sol; ces pompes sont actionnées par les magasiniers, qui peuvent exercer un contrôle rigoureux des quantités débitées; on évite ainsi le gaspillage.

b) *Garage de l'American Express Cy à New-York.* — Cette compagnie de transport, qui possède de nombreux véhicules automobiles, a installé dans ses garages à étages une distribution analogue à celle décrite plus haut pour l'essence, le pétrole et l'huile. Des compteurs placés à chaque prise renseignent à tout instant les surveillants sur les quantités prélevées. Il existe même un système de remplissage automatique des réservoirs de voitures, par lequel l'arrivée du liquide est fermée dès que le plein est fait. Toutes ces méthodes présentent l'avantage, outre l'économie de main-d'œuvre, de diminuer les pertes inévitablement causées par les transvasements et le transport en récipient ouvert de liquides plus ou moins volatils. De plus, ceux de ces produits qui doivent être employés absolument purs sont préservés des souillures.

7. *Transport de pièces semblables.* — Dans les industries où des quantités importantes de pièces identiques doivent être transportées d'atelier en atelier, il y a lieu de faire une étude spéciale des

chariots, brouettes, wagonnets, etc., affectés à ce transport. On simplifie ainsi beaucoup les opérations d'arrimage, tout en permettant souvent d'emmener en un seul voyage un poids bien plus élevé.

8. *Aménagements des ports, docks*, etc. — L'encombrement des docks et bassins dans nos ports est souvent considérable, la circulation des voitures y est gênée par les canaux et écluses. Ces dernières sont généralement franchies par des ponts tournants dont la manœuvre est lente et le rendement mauvais, en ce sens que la majorité de ces ponts tournants ont une longueur double de celle de l'espace à franchir. Aux Etats-Unis, en particulier à Chicago, les ponts tournants ont été remplacés par des ponts à bascule se manœuvrant très rapidement; la circulation, beaucoup plus intense que dans n'importe quel port français, est largement facilitée: économie de temps, donc économie de main-d'œuvre.

D'ailleurs, d'une façon générale, une organisation plus judicieuse des ports français, multiplication des grues et apparaux de levage, etc., s'impose. Il serait également bon que les Administrations de l'Etat ne donnent pas l'exemple du gaspillage des forces, ainsi qu'on peut le constater à Calais, par exemple, où le transbordement quotidien de plusieurs centaines de sacs postaux des wagons au bateau se fait sac par sac au moyen d'une chaîne d'hommes échelonnés de mètre en mètre, alors que l'usage des paniers et caisses à bagages est courant depuis bien des années dans les Compagnies de chemin de fer. Le retard du bateau que provoque cette manutention défectueuse s'élève quelquefois à plus d'une heure.

II. — Industries mécaniques

On peut dire que l'immense majorité des progrès réalisés dans l'outillage l'ont été aux Etats-Unis. La première fraiseuse d'atelier, d'où dérivent toutes les machines à tailler les engrenages à profils épicycloïdiques, a été construite vers 1860 à Providence par la maison Brown and Sharpe. Vers la même époque, le premier tour revolver était établi à Hartford par Pratt and Whitney. Il est inutile d'insister sur les énormes services rendus par ces machines. Leur adoption en France sur une échelle de plus en plus grande a amplement démontré la nécessité de leur emploi. L'industrie automobile et celle de la bicyclette n'auraient probablement même pas pu se développer sans leur concours. Si toutefois l'usinage des pièces se rapproche en France, dès à présent, des méthodes américaines similaires, il n'en est pas encore de même de l'ajustage et du montage. Dans cet ordre d'idée, de sérieux progrès doivent et peuvent être réalisés.

Exemples :

1. *Montage des coussinets.* — L'opération consiste à ajuster sur un arbre, en acier trempé ou non, une bague ou deux demi-bagues en bronze garnies ou non de métal anti-friction. L'ajustage est correct quand la presque totalité de la surface des bagues porte effectivement sur l'arbre, ce qu'on vérifie au moyen d'un enduit de couleur bleue. L'opération se fait par approximations successives, l'ouvrier enlevant à chaque fois avec un burin la partie en relief gênant le contact. Cette opération exige une grande habileté professionnelle; elle est longue et ne peut être exécutée que par des ouvriers expérimentés.

Pour éviter ces difficultés, la maison Pierce-Arrow de Buffalo, constructeur d'automobiles, a réussi à monter jusqu'à 5 jeux de bagues sur une même arbre sans aucune retouche à la main, par des passes de mandrins parfaitement rectifiés et calibrés, permettant d'obtenir un ajustage de l'ordre du centième de millimètre. Cette méthode permet d'obtenir mécaniquement un ajustage aussi précis que le travail fait à la main, mais à coup sûr infiniment plus rapide.

L'exemple choisi se rapporte à une maison réputée comme fabriquant de la mécanique de premier ordre; bien entendu, les usines de voitures à bon marché ont depuis longtemps adopté des méthodes semblables et même d'autres beaucoup plus grossières.

2. *Finitions inutiles.* — Des économies considérables de main-d'œuvre sont réalisées aux Etats-Unis en évitant tout travail de finition qui n'est pas justifié par des nécessités d'ordre mécanique ou des raisons d'entretien. Il est certain que beaucoup d'ouvriers, probablement les meilleurs, tiennent essentiellement à donner aux pièces qu'ils fabriquent un bon aspect; cette tendance, éminemment louable en elle-même, ne doit néanmoins pas dégénérer en dépense de travail inutile. La clientèle aura vivement fait bon marché des fioritures, quand la suppression de ces dernières aura entrainé une diminution de prix.

Exemple :

Bielle d'accouplement de locomotives. Cette pièce est invariablement polie sur toute sa longueur dans les machines françaises. Outre le travail initial, ceci exige du personnel de la machine un certain entretien. Aux Etats-Unis, les pièces semblables sont brutes de forge, ou d'estampage. Seules, les extrémités sont usinées pour le montage. Elles sont peintes, ce qui assure leur conservation dans d'aussi bonnes conditions que

si elles étaient polies. Leur résistance ne saurait évidemment pas être affectée par ces différences de fabrication.

3. *Remplacement d'un métal par un autre.* — Le remplacement d'un métal par un autre, dont la coulée, le forgeage, etc., permettent d'économiser la main-d'œuvre de finition, est fréquemment employé de l'autre côté de l'Atlantique. D'une façon générale, dans l'industrie des automobiles, il y a tendance à substituer, autant que faire se peut, les pièces en acier estampé aux pièces en acier coulé, ou en fonte d'acier. Les premières peuvent, en effet, être obtenues avec une bien plus grande exactitude : elles peuvent donc être plus légères ; elles ne sont pas sujettes aux déformations du recuit; elles se prêtent donc mieux au montage sur les gabarits; enfin elles se travaillent plus facilement et à une vitesse très supérieure. Dès qu'une série de pièces dépasse un certain nombre, il y a grand avantage à employer l'estampage.

De même, il y a intérêt dans bien des cas à substituer l'aluminium au bronze; l'aluminium permet des moulages en coquilles qui donnent des pièces souvent complètement terminées. Il y a donc là non seulement économie de main-d'œuvre sur l'usinage, mais aussi sur l'ajustage et le montage. On peut enfin substituer au bronze des alliages fusibles à base de plomb et d'étain se coulant facilement. Dans les petits moteurs fixes pour l'agriculture, les petites pompes, etc., les bagues en bronze sont remplacées par une coulée d'alliage antifriction qui se fait au moyen d'un montage spécial, l'arbre à antifrictionner étant maintenu en place dans le logement du coussinet à garnir. Ici aucun ajustage ni usinage; le métal étant refroidi, l'opération est terminée.

4. *Usage de l'air comprimé.* — Dans les ateliers de montage, il est fait un grand usage de l'air comprimé. Une canalisation amène cet air à la place de chaque ouvrier; celui-ci l'emploie pour toutes sortes de petites opérations : soufflage de la tournure, séchage rapide d'une pièce humide, enfin et surtout manœuvre des outils portatifs pneumatiques, perceuses, marteaux, etc.

III. — Industries métallurgiques

Il y a peu de choses à dire des industries métallurgiques, en particulier de celle de l'acier. Les hauts fourneaux à grande capacité et les fours Martin de dimensions colossales sont bien connus. Ces hauts fourneaux, munis de tous les dispositifs mécaniques possibles, pour le chargement, la coulée, etc., permettent une production de la fonte à un taux sensiblement inférieur aux taux courants en France, et cela dans un pays où la main-d'œuvre est plus chère. Ce résultat ne peut donc être obtenu que grâce à une économie rigoureuse sur cette main-d'œuvre. On objecte généralement à l'adoption en France des méthodes américaines, que les proportions de nos entreprises sont beaucoup trop réduites. Cet argument se réfute aisément, si l'on remarque qu'avant la guerre les Allemands étaient résolument entrés dans la voie des transformations en ce sens, et cela en particulier dans le bassin de la Sarre que nous pouvons légitimement espérer recouvrer.

IV. — Industries agricoles

C'est peut-être en agriculture, plus que dans n'importe quelle autre branche de l'activité économique du pays, que s'impose une revision sérieuse du mode de travail, car c'est probablement là, plus que partout ailleurs, que se fera sentir le manque de main-d'œuvre disponible. Là encore des méthodes plus rationnelles devront être appliquées. Le manque de chevaux, conséquence de la guerre, permettra la substitution de la traction mécanique à la traction animale dans bien des cas. Le transport des denrées périssables, œufs, lait, légumes frais, etc., s'effectuera vers les grands centres de consommation par des camions automobiles légers, que pourront posséder toutes les fermes de quelque importance. Dans les régions de l'Ouest et du Sud-Ouest de la France, insuffisamment desservies par le chemin de fer, une semblable transformation abaisserait le prix de revient des produits livrés aux grands centres ; il en résulterait une prospérité plus grande de l'Agriculture. Enfin il faut rappeler que le moteur à explosion a déjà fait ses preuves pour une foule d'applications à la ferme et aux champs.

V. — Conditions générales

1. *Arrangement des locaux.* — Etant donné un bâtiment quelconque, il n'est pas toujours possible de faire en sorte que la main-d'œuvre disponible soit utilisée au mieux. La disposition générale du ou des bâtiments a une grande importance. C'est d'elle que dépend dans une large mesure la réussite ou l'échec de l'application des méthodes modernes de travail. Les événements récents ayant eu pour conséquence la destruction de nombreux bâtiments industriels, il est à souhaiter que les ingénieurs et les architectes chargés de les reconstruire s'inspirent des meilleurs exemples.

Le plan général d'un atelier quelconque doit autant que possible se composer de rectangles. Il faut éviter les surfaces trapézoïdales. Elles entraînent la perte d'espace et la circulation y est incommode. Il faut toujours prévoir des agrandissements; les bâtiments seront donc construits de façon à ce qu'un étage supplémentaire puisse être ajouté sans trop de difficultés; les fondations originales seront prévues en conséquence : il n'en coûtera guère plus de frais de premier établissement et on s'épargnera bien des dépenses inutiles et des ennuis considérables dans l'avenir. Toutes les fois que les bâtiments ne seront pas élevés entre d'autres immeubles mitoyens, il faudra prévoir l'éventualité de la construction d'ailes qui permettront l'extension des ateliers existants. A cet effet, toutes les machines utilisées pour une même opération seront alignées parallèlement au sens probable de l'extension future du bâtiment; celle-ci terminée, on pourra ajouter de nouvelles machines. Le dispositif d'ensemble n'en sera pas affecté. Par exemple, dans une station centrale, on mettra tous les générateurs sur une ligne et les machines à vapeur sur une autre ligne parallèle.

Faute de prévoir les agrandissements, on a été souvent obligé de procéder à des réorganisations coûteuses, sans lesquelles la manutention des marchandises eût été sérieusement gênée et eût entraîné des dépenses supplémentaires de main-d'œuvre qui auraient pu être évitées.

2. *Tenue des ateliers.* — Il ne suffit pas encore d'avoir des bâtiments vastes, bien éclairés et judicieusement disposés; il faut les maintenir dans un état de propreté rigoureuse. A part toutes les considérations d'ordre hygiénique et social même, qui font une nécessité de plus en plus impérieuse de donner tout le confort possible aux ouvriers, il faut remarquer que la bonne tenue des ateliers est la meilleure garantie contre les gaspillages. Exemple : Dans un atelier de finition d'objets en cuivre, il faut, si les dimensions de l'atelier le permettent, organiser une équipe de manœuvres ou d'apprentis recueillant constamment les tournures de cuivre, tant celles tombées sur le plancher que celles qui se rassemblent sur le plateau des machines-outils. D'une façon générale, l'ouvrier qui travaille aux machines-outils ne doit pas avoir à s'occuper des tournures ou copeaux. Il a mieux à faire : à savoir surveiller sa ou ses machines ; on doit le débarrasser de cette sujétion. On s'assure ainsi que toute la tournure est rassemblée, classée par catégorie dans des récipients convenables. Si on a des copeaux d'acier provenant des machines automatiques, il faut les essorer pour en extraire l'huile; on recueille ainsi assez de ce produit pour entretenir toutes les transmissions, chaînes, poulies, etc.

VI. — Conclusion

De telles transformations dans les habitudes et les coutumes de l'industrie française sont-elles possibles ? Oui, certainement. On peut même dire qu'elles sont déjà commencées. Sous l'influence des nécessités de la défense nationale, d'énormes efforts ont été faits pour tirer parti, dans les meilleures conditions possibles, du matériel et de la main-d'œuvre disponibles, en quantité trop restreintes. De nouvelles usines ont surgi de terre, construites selon les données les plus modernes, pour appliquer les procédés les plus récents. Ce spectacle réconfortant permet d'envisager l'avenir avec confiance. Les nouvelles usines et les agrandissements aux anciennes ne resteront pas inactifs après la guerre ; ils permettront de concurrencer cette fois les produits provenant des pays ennemis. L'application de plus en plus grande du travail féminin aura également une influence heureuse. Elle augmentera les disponibilités en main-d'œuvre de la France, elle obligera nombre d'industriels à modifier leur outillage et à le perfectionner pour le mettre à la portée des femmes moins fortes et moins entraînées que les hommes. Un mouvement en ce sens est déjà commencé, souhaitons qu'il continue.

Que faut-il pour cela ? Nous n'hésiterons pas à répondre : que la plus large initiative soit laissée aux industriels entreprenants ; ils sont garants de l'avenir économique du pays. Plus de réglementation tracassière. Un État encourage l'Industrie et le Commerce, non en faisant des lois et des règlements, mais en en supprimant. Il ne faut plus voir après la guerre un grand industriel de la banlieue parisienne être obligé d'avoir un service de camions automobiles pour transporter sur une distance de 40 mètres son charbon de l'appontement sur la Seine à sa station centrale, s'étant vu refuser l'autorisation d'installer un transbordeur aérien pour faire ce travail. Cet industriel, qui travaille maintenant pour l'armée, doit en conséquence garder une équipe d'hommes nécessairement jeunes et vigoureux, à l'heure grave où nous manquons partout de bras pour faire un travail qui serait accompli avantageusement par une machine. De tels errements condamneraient à la stérilité les efforts les plus énergiques, et les initiatives les plus heureuses ; ils équivaudraient à une défaite.

De Jarny.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Phillips (James D.), *Professeur*, et **Orth** (Herbert D.), *Instructeur de Dessin au Collège d'Ingénieurs de l'Université du Wisconsin.* — **Mechanical Drawing for Colleges and Universities** (Dessin mécanique pour Collèges et Universités). — *1 vol. in-8° de 283 p. avec 295 fig. (Prix cart. : 1 dollar 75 cents). Scott, Foresman and C°, Chicago et New-York*, 1915.

Le dessin mécanique est aujourd'hui l'une des premières étapes dans la production de toutes les machines ou l'établissement d'une construction quelconque. Il a donc une valeur technique considérable. Mais il possède également, s'il est convenablement enseigné, une valeur éducative de premier ordre. C'est l'un des meilleurs moyens de développer les habitudes d'observation et de perception, et la coordination entre la main et l'œil.

C'est de ce point de vue qu'est écrit l'ouvrage de MM. Phillips et Orth, qui s'adresse à un cercle relativement étendu d'étudiants; c'est le fruit d'un grand nombre d'années d'expérience dans l'enseignement du dessin, et tous les exercices ont été soigneusement préparés.

Chaque élément du dessin est traité séparément avant que les éléments ne soient combinés; par la concentration de la pensée et de l'effort, et l'exécution répétée d'opérations similaires, l'étudiant est peu à peu amené à comprendre les théories appliquées et à développer sa technique et son adresse dans le moindre temps. Les grandes divisions du dessin sont introduites dans l'ordre où elles se présentent généralement dans la pratique : croquis perspectif, croquis orthographique, dessin mécanique au crayon, calque et exécution des bleus. Une attention spéciale a été donnée à la question du dessin en perspective, qui commence à s'introduire dans la pratique industrielle et qui sert à interpréter le dessin orthographique; aussi les auteurs engagent-ils leurs élèves à se familiariser tout au moins avec la perspective simple à 45°. D'autres chapitres sont consacrés aux instruments et au matériel de dessin, aux conventions, au tracé des lettres, et à quelques indications sur les dessins plus compliqués.

De nombreux exercices sont proposés à l'étudiant et les solutions de certains d'entre eux sont données sur des planches.

En somme, cet ouvrage constitue un excellent cours de dessin mécanique, qui, à côté d'un enseignement général, résume les meilleures méthodes pratiques pour l'exécution complète et exacte des dessins de projets industriels.

C. Maillard.

Brunton (David W.) et **Davis** (J.-A.). — **Safety and Efficiency in Mine Tunneling** (Sécurité et économie dans la construction des tunnels de mines). — *1 vol. in-8° de 271 p. avec 45 fig. (Bulletin 57 du Bureau of Mines). Government Printing Office, Washington*, 1914.

Durant ces dernières années, de grands progrès ont été réalisés aux Etats-Unis dans l'art de creuser des tunnels ou galeries, tant au point de vue de l'économie que des mesures de sécurité pour les ouvriers. Cette amélioration est due en partie au développement des travaux de mines qui nécessitent un grand nombre de tunnels et galeries pour l'exploitation, l'écoulement des eaux et le transport des minerais. En 1911 et 1912, le Service des Mines de Washington a fait une enquête spéciale au sujet de ces travaux. Il a relevé les mesures prises dans un grand nombre de cas pour la sécurité des ouvriers, les différentes sortes d'outillage, les méthodes employées et les prix de revient correspondants, et a résumé, dans un de ses *Bulletins* (n° 57), toutes ses constatations et conclusions.

Jusqu'ici il était difficile d'obtenir des renseignements concernant les méthodes de travail. Peu de publications existent sur le sujet, et la plupart ne donnent que des indications surannées, d'un intérêt purement historique. Les périodiques, il est vrai, s'efforcent de se tenir à la hauteur de l'actualité, mais ces articles, perdus au milieu de tant d'autres questions, sont difficiles à consulter, et le contremaître, l'ingénieur ou le directeur financier n'ont guère le temps de faire des recherches pour se mettre au courant de l'état actuel des travaux de ce genre. De plus, bien des inventions ou améliorations intéressantes, ici comme dans les autres industries, restent enfouies dans les cahiers de l'inventeur ou les thèses d'universités, et ne voient jamais le jour de la pratique. Il en résulte que les nouveautés sur les méthodes et l'outillage, qui ont prouvé leur sécurité, leur rendement ou leur économie, peuvent rester totalement inconnues des intéressés en dehors du district où elles ont été imaginées.

Le bulletin actuel, rédigé d'après une enquête officielle effectuée à la fois dans le domaine de la pratique et de la littérature d'ingénieur, a pour but de répandre les données concernant la pratique moderne dans les Etats-Unis, et de suggérer de nouveaux progrès dans l'industrie minière pour la sauvegarde des deux natures d'énergie : capital et vie humaine.

Dans la plupart des relations publiées antérieurement sur le travail des galeries et tunnels, les auteurs n'essaient pas de critiquer les méthodes décrites. Tous ces articles font la description de l'outillage et des différentes phases des opérations avec des chiffres occasionnels montrant le coût du travail. Rarement ils renferment une discussion sur les moyens de préserver la santé et la vie des ouvriers, ou sur les données se rapportant au choix et au rendement des méthodes et de l'outillage. Il en résulte que le lecteur est entièrement livré à lui-même pour tirer des conclusions. Le Bulletin du Bureau des Mines vient combler cette lacune, et, comme c'est un organe impartial et tout à fait désintéressé, la critique qu'il fait a plutôt en vue de créer que de détruire. Aussi s'étend-il sur les meilleures méthodes de sécurité, de rendement et d'économie, et sur les qualités du bon outillage, tandis qu'il passe sous silence les pratiques mauvaises et la machinerie surannée, sauf peut-être lorsqu'il s'agit de montrer les écueils qu'il faut éviter, ou à titre historique.

Avant d'entrer dans le vif du sujet, les auteurs croient devoir bien préciser la distinction qu'ils font entre le mot « tunnel » et les mots « adit » ou « drift ». Le premier s'entend pour une communication à peu près horizontale au travers d'une montagne ou colline avec entrée et sortie au jour. Les seconds désignent des galeries également presque horizontales qui partent du jour sans traverser de l'autre côté, et servent de sortie soit pour les minerais, soit pour l'eau. Seuls les tunnels creusés dans la roche ou les terrains durs ont été envisagés. Enfin, on n'a examiné que les travaux de communications, travers bancs ou autres, et non les galeries en direction, c'est-à-dire celles qui suivent le filon et ressortissent plus spécialement des conditions souvent très variables de l'exploitation.

Après avoir visité beaucoup d'installations dont ils donnent les caractéristiques, les auteurs du bulletin examinent successivement les principales causes d'accidents, et les précautions à prendre pour établir les échafaudages, manipuler les explosifs (magasinage, dégelage, charge, mise à feu, explosions prématurées, ratés, gaz, incendies, etc.), puis l'outillage à la surface, les différentes sources d'énergie (turbine à eau, machine

à vapeur, moteurs à gaz, dynamos), les compresseurs tandem (straight-line), Duplex et turbos actionnés à l'eau, à la vapeur ou à l'électricité, les ventilateurs, enfin l'outillage du fond (machines à forer pneumatiques, hydrauliques, électriques), la traction à l'intérieur, l'éclairage, la téléphonie, etc. Après avoir discuté le choix à faire suivant les cas entre ces divers appareils, ils s'étendent sur les méthodes à employer pour le percement, les catégories d'explosifs, la main-d'œuvre, les chevalements et étais, etc., et citent en détail de nombreux exemples de prix de revient.

Le travail est complété par un exposé historique très copieux des travaux exécutés depuis l'Antiquité, depuis les Egyptiens et Hindous jusqu'à nos jours, y compris les fameux tunnels du Mont-Cenis, Hoosac (E. U), Saint-Gothard, Arlberg, Simplon, Loetschberg, Busk Ivanhoë (E. U.), Severn et Totley (Grande-Bretagne), Aspen (E. U.), Arthur's Pass (Nouvelle-Zélande), Mont Royal (Canada), et par une bibliographie complète de la question depuis 1860 jusqu'en 1913.

Un index facilite les recherches rapides.

La brève énumération des questions traitées, que nous avons faite, donnera une idée de l'ampleur avec laquelle a été conduite et discutée l'enquête du Service des Mines de Washington. Aussi, nous n'en doutons pas, ce petit volume servira de guide pour tous ceux qui auront à exécuter des travaux de ce genre.

E. D.

2° Sciences naturelles

Tasmania. Crown Lands Guide (1914). — *1 vol. in-8° de 202 p. avec fig. et 1 carte hors texte. J. Vail, Government Printer, Hobart*, 1914.

Ce volume constitue la 10e édition d'une publication destinée surtout aux personnes qui désirent visiter la Tasmanie ou s'y établir. Rédigée d'après des documents officiels, elle renferme, à côté d'une description générale du pays et de ses beautés naturelles, un grand nombre de renseignements sur la colonisation, l'agriculture, l'exploitation forestière très développée, la production des fruits qui est aujourd'hui une des richesses de la colonie, l'élevage et l'industrie des produits de la laiterie, les mines de cuivre, d'or et d'étain (les mines de cuivre de Mount Lyell comptent parmi les plus importantes du monde), etc. Illustré d'un grand nombre de photographies et d'une carte hors texte, ce guide donne une idée générale du développement actuel de la Tasmanie.

Perrot (Emile) et plusieurs collaborateurs. — **Les grands produits végétaux des Colonies françaises.** — *1 vol. in-8° de 564 pages avec fig. et pl. Em. Larose, éditeur, Paris*, 1915.

Avec la collaboration d'un certain nombre de spécialistes, M. le Professeur Em. Perrot, de l'Ecole de Pharmacie de Paris, Commissaire des Colonies françaises à l'Exposition internationale du caoutchouc (Londres 1914), a eu l'heureuse idée, comme corollaire de cette Exposition, de présenter au public les grands produits coloniaux qui s'y trouvaient représentés, et on ne peut que lui savoir gré d'avoir mené à bien cette publication, malgré les préoccupations de l'heure présente. J'ajoute d'ailleurs que cet important ouvrage vient à son heure, car, à la suite de la guerre actuelle, qui va modifier profondément la situation économique des différents pays, nos compatriotes se décideront, je l'espère, à diriger une large part de leur activité vers l'organisation et le développement de l'agriculture coloniale, dans le but de faire enfin produire, aux immenses territoires que nous possédons au delà des mers, les diverses substances connues aujourd'hui sous la désignation générale de « produits coloniaux », mais qui nous viennent, pour la plus grande part, des pays étrangers et non pas de nos colonies. C'est ainsi que pour le café, par exemple, nos possessions fournissent à peine 1/60 de la quantité nécessaire à la consommation de la France ; pour le cacao 1/16 et pour le coton 1/100 ! Heureusement l'énorme production de riz de notre colonie de l'Indo-Chine vient dissiper l'ombre de ce tableau, puisque les exportations totales de 1913 s'élevèrent à 1.286.804 tonnes !

Les divers produits étudiés dans l'ouvrage publié sous la direction de M. Perrot sont assez nombreux et, dans la liste suivante, on trouvera les noms des auteurs respectifs :

Caoutchouc, Balata (M. E. Perrot); Coton, Agave, Jute, etc. (M. Main); Kapock et Chanvre de Guinée (M. Vuillet); fibres de corderie et de brosserie (M. Vaquin); Oléiculture en Tunisie (MM. Véry, Tsournieroux, Robinet et Guillochon); la situation oléicole en Oranie (M. D. Vermeil); le Palmier à huile (M. Gatin); le Karité (M. Vuillet); l'Arachide (M. Adam); le Riz (M. G. Capus); le Cacao (MM. Perrot et Fauchère); le Caféier (M. Fauchère); le Théier au Tonkin (M. Lemarié); la Vanille (M. Fauchère); Huiles essentielles et bois industriels des colonies françaises.

Comme il convenait, à la suite d'une Exposition de caoutchouc, la notice consacrée à ce produit, rédigée par M. Em. Perrot, tient la première place et ne comporte pas moins d'une centaine de pages avec nombreuses planches ou vignettes et une carte détaillée de la Cochinchine avec ses plantations d'Hevea. L'auteur, en effet, ne s'est pas contenté de décrire la récolte du caoutchouc naturel au Para ou sur la côte occidentale d'Afrique et de fournir à ce sujet des détails circonstanciés. Avec raison, il insiste particulièrement sur les plantations d'Hevea organisées depuis un certain nombre d'années, surtout à Ceylan, à Malacca et aux Indes Néerlandaises, et fournit un tableau suggestif des surfaces actuellement consacrées à la production du caoutchouc dans notre colonie d'Indo-Chine, principalement en Cochinchine. Le chapitre concernant les différents modes de saignée, avec leurs avantages respectifs, est très clairement présenté et de nombreuses vignettes explicatives (tirées en grande partie de l'ouvrage de MM. Labroy et Cayla) en rendent la lecture plus facile et plus instructive. Les tableaux statistiques sont particulièrement intéressants (v. p. 66) en ce qu'ils font apprécier la progression rapide et continue de la production du caoutchouc de culture à Ceylan, dans la presqu'île de Malacca et aux Indes Néerlandaises.

M. G. Capus, ancien Directeur général de l'Agriculture en Indo-Chine, était spécialement qualifié pour rédiger la partie concernant le riz. Après un premier chapitre consacré à une rapide revision des principales espèces ou variétés, l'auteur décrit, avec quelque détail, les procédés ordinaires de culture, fournit la statistique de la production en Indo-Chine, examine les chances de réussite de cette culture dans nos diverses colonies et enfin, comme conclusion, présente un tableau particulièrement suggestif des problèmes variés que soulève l'extension et l'amélioration de la culture du riz dans nos colonies.

Il est impossible, dans un compte rendu nécessairement limité, de suivre les auteurs des différentes notices rassemblées par les soins de M. Em. Perrot et traitant des produits les plus variés ; mais nous louerons sans réserve l'idée de les grouper en un ensemble destiné à éclairer le public sur les richesses que pourraient et que devraient produire nos colonies. Si ces divers travaux ne se présentent pas tous avec une égale documentation, il convient évidemment d'en faire remonter la cause aux circonstances qui n'ont pas permis à quelques auteurs de compléter leurs recherches.

Tel qu'il se présente, l'ouvrage est susceptible de rendre des services signalés à la cause de la colonisation et c'est pour cette raison que nous en recommandons vivement la lecture à toutes les personnes qu'intéressent les questions coloniales.

Il convient de ne pas oublier, en effet, que seul le développement de l'agriculture est susceptible de faire naître la prospérité dans la plupart de nos colonies et il suffit

d'ailleurs de consulter les statistiques coloniales pour constater que les produits végétaux tiennent de bien loin le premier rang dans le tableau des exportations. Se contenter de drainer les productions naturelles ne peut qu'en tarir la source et assurer lentement la ruine du pays. Faire au contraire de nos colonies des centres intensifs de culture fournissant à la métropole les denrées telles que le café, le cacao et la vanille, ou les matières premières nécessaires à notre industrie, telles que le coton et le jute, c'est, du même coup, élever et moraliser la condition des indigènes par le travail, affranchir la métropole d'un tribut considérable qu'elle verse annuellement aux pays étrangers et enfin assurer à notre marine marchande le fret qui doit assurer sa prospérité !

Henri Lecomte,
Professeur au Muséum.

Manheimer Gommès (Dr), *Ancien chef de clinique à la Faculté de Médecine de Paris.* — **L'Alimentation rationnelle à très bon marché.** *Préface de* M. E. Fuster. — *1 broch. in-16 de 32 p. (Prix : 0 fr. 50). A. Maloine, éditeur, 27, rue de l'Ecole de Médecine, Paris,* 1916.

En signalant récemment aux lecteurs de la *Revue* la brochure anglaise de MM. Wood et Hopkins : *Food economy in war time*[1], nous exprimions le regret qu'il n'existât rien d'analogue à l'usage du grand public français. M. Manheimer Gommès vient de combler cette lacune par la publication de son opuscule : *L'Alimentation rationnelle à très bon marché.*

Moins de considérations théoriques encore : 4 pages seulement sur la ration alimentaire et sa détermination. Puis surtout des indications pratiques sur les différents aliments auxquels l'homme peut demander les albuminoïdes, les hydrates de carbone et les corps gras dont il a besoin, avec l'indication, pour les principaux d'entre eux, du prix de revient des 10 ou 100 gr. de ces constituants. Enfin quelques renseignements sur l'emploi et la valeur des légumes herbacés, des condiments, des boissons.

Cette petite brochure, très simple et très claire, rendra de grands services à tous ceux pour lesquels se pose d'une façon pressante le problème de l'alimentation avec des ressources limitées.

V. L.

3° Sciences diverses

Aulneau (J.). — **La Turquie et la guerre.** Préface de M. Stephen Pichon, *Sénateur, ancien ministre des Affaires étrangères. — 1 vol. in-8° de 346 p. (Prix : 3 fr. 50). (Bibliothèque d'Histoire comtemporaine) Librairie Félix Alcan, Paris,* 1915.

Sous le titre *La Turquie et la Guerre*, M. J. Aulneau s'est proposé de retracer les raisons historiques par suite desquelles la Turquie devait nécessairement se trouver amenée à prendre une part active dans la conflagration européenne actuelle. Du jour où il y a eu des Turcs en Europe, il y a eu une question d'Orient et cette question a consisté dans le conflit, difficile à résoudre, qui s'est élevé entre les Turcs envahisseurs, les peuples envahis et conquis par eux, et aussi les puissances européennes que leurs intérêts et leurs ambitions politiques poussaient à intervenir dans le différend. La Turquie, depuis les origines de son histoire jusqu'aux temps contemporains, n'a cessé d'être le théâtre de luttes de races, et c'est l'histoire de ces races qui constitue le fond du très instructif et intéressant ouvrage de M. Aulneau. On ne peut bien apprécier le rôle joué aujourd'hui par la Turquie que si l'on possède une connaissance précise de ces races qu'elle avait dépouillées de leurs territoires, et aussi des influences exercées sur l'Empire Ottoman par les puissances européennes, agissant elles aussi dans leurs compétitions comme des races rivales.

Aussi, après un aperçu sur l'histoire des Turcs en Europe, M. Aulneau examine-t-il successivement celle des divers peuples qui habitent la Péninsule des Balkans sur laquelle s'est étendue la domination turque; nous voyons les uns et les autres recouvrer leur indépendance et nous assistons à la formation des nationalités balkaniques. L'auteur nous montre en même temps quelle a été en Orient l'action des Germains et des Slaves et en quel sens ils sont intervenus dans les affaires des peuples balkaniques.

Après tous les démembrements qu'il avait subis, l'Empire Ottoman pouvait-il se rénover? C'est ce que recherche M. Aulneau. Il examine les tentatives de réformes, puis signale leur échec; il expose ensuite les conséquences de la dernière guerre balkanique, qui a amené la déchéance de l'Empire turc en Europe. Enfin, nous voyons par les derniers chapitres comment la guerre de 1914 a eu pour cause la question d'Orient et comment les intrigues germaniques, dirigées en réalité contre la race slave, devaient entraîner la Turquie à entrer en guerre à la suite de l'Allemagne, ce qui ne pourra d'ailleurs que précipiter sa ruine.

Cette solide étude de politique contemporaine, appuyée sur des données historiques très bien documentées, présente avec une clarté parfaite toutes ces questions complexes qui ont depuis si longtemps agité l'Orient et dont la guerre actuelle est une résultante.

G. Regelsperger.

Hauser (Henri), *Professeur à l'Université de Dijon, Correspondant de l'Institut.* — **La Guerre européenne et le problème colonial.** — *1 vol. pet. in-8° de 113 p. Librairie Chapelot, Paris,* 1915.

Nous avons dernièrement cité ici, dans un article sur les colonies allemandes[1], l'ouvrage de M. Henri Hauser, *Colonies allemandes, impériales et spontanées* (Paris, 1900), ouvrage qui, malgré sa date, est resté, disions-nous, l'un des meilleurs à consulter sur ce sujet. Aussi nous est-il très agréable de signaler aujourd'hui cette nouvelle publication, qui en est un complément appelé par les événements, et nous pouvons dire une conclusion. Dans cet ouvrage, M. Hauser, dont la haute compétence dans les questions coloniales s'est affirmée par ses précédents travaux, s'est proposé de montrer que l'une des causes profondes de la conflagration actuelle a été le désir de l'Allemagne de regagner le retard qu'elle avait par rapport aux autres grandes puissances européennes en matière coloniale.

Après avoir expliqué de quelle manière se pose aujourd'hui le problème colonial et les rapports qu'il se trouve avoir avec la politique européenne, l'auteur présente un exposé de l'essor colonial de l'Allemagne, ce qui l'amène à retracer ses ambitions nouvelles et les difficultés s'opposant à leur réalisation. C'est ainsi que la guerre est devenue vraiment mondiale, et M. Hauser montre l'extension qu'elle a prise dans les colonies allemandes et les vaines tentatives faites par le Kaiser pour soulever tout l'Islam. Enfin, il envisage les résultats coloniaux de la guerre européenne, la participation des colonies à la défense des adversaires de l'Allemagne, et, pour l'avenir, les modifications nécessaires dans les rapports entre les métropoles et les colonies, enfin les futurs partages et la revision qui s'impose des actes internationaux.

G. Regelsperger.

1. Voir la *Revue* du 30 janvier 1916, t. XXVII, p. 64.

1. *Revue Générale des Sciences*, 15 juin 1915, p. 331.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 7 Février 1916

1° Sciences physiques. — M. **L. Maquenne** : *Sur le dosage des réducteurs en présence d'un excès de saccharose.* On sait que le dosage du sucre interverti est considérablement gêné par la présence d'un excès de saccharose, qui modifie son pouvoir réducteur en même temps qu'il agit par lui-même sur le réactif cupro-potassique. L'auteur déduit de ses recherches deux principes de première importance dans l'analyse des sucres industriels : 1° la nécessité d'opérer toujours comparativement et en présence d'un poids constant de saccharose ; 2° l'adaptation du mode de titrage au cas examiné, réservant les méthodes usuelles, fondées sur la séparation de l'oxyde cuivreux, aux produits riches et celle à l'hyposulfite aux produits pauvres en inverti (moins de 0,2 %). — M. **J. L. Hamonet** : *Homologues vrais de la glycérine : heptanetriol* (voir p. 163).

2° Sciences naturelles. — M. **A. Lécaillon** : *Sur la ponte des œufs non fécondés et sur la parthénogénèse du Bombyx du mûrier* (Bombyx mori L.). L'auteur résume comme suit ses observations : 1° La ponte des œufs chez les femelles qui ne peuvent s'accoupler devient très irrégulière. 2° Certains œufs non fécondés peuvent subir des changements de teinte analogues à ceux qui se produisent dans les œufs fécondés qui évoluent normalement. 3° Le secouage des œufs, dans les conditions pratiquées par l'auteur, est incapable d'augmenter le pourcentage de ceux qui changent de teinte. 4° L'action de l'acide sulfurique est également inefficace. 5° Il semble logique de considérer les changements de coloration que subissent certains œufs comme une preuve que des phénomènes de parthénogénèse se produisent chez le Bombyx du mûrier ; cependant une étude cytologique permettrait seule d'en décider avec certitude. — M. **H. de Varigny** : *L'érosion de la falaise crétacée française sur la Manche.* L'évaluation du taux de l'érosion de la falaise crétacée française sur la Manche a été tentée à plusieurs reprises, et l'on a trouvé des chiffres variant de 30 à 70 cm. par an. L'auteur a fait un essai analogue au Bourg d'Ault en comparant la longueur des rues perpendiculaires à la mer sur le plan cadastral de 1825 à la longueur actuelle. La perte maxima a été de 46.5 cm. par an, la perte moyenne de 26 cm. — M. L. **Gentil** : *Sur l'existence de volcans récents dans le Maroc central.* Dans la région qui va depuis la plaine de Meknès jusqu'au pied du Moyen Atlas sur une étendue de plus de 70 km. et une largeur de 30 km. dans le sens E-W, l'auteur a retrouvé les traces de nombreux volcans basaltiques, importants par la grande surface que recouvrent leurs déjections. De vastes coulées, associées à des produits de projection, forment de larges plateaux sur lesquels s'élèvent, parfois, des appareils encore intacts. Il semble y avoir eu deux phases distinctes de l'activité volcanique : les volcans des Beni Mtir doivent remonter à l'époque pliocène, tandis que ceux des Beni Mguild ne remontent sans doute pas au delà de l'époque quaternaire.

Séance du 14 Février 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **B. Baillaud** : *Détermination de la différence de longitude entre les Observatoires de Paris et de Washington.* Cette détermination a été faite par une mission franco-américaine en échangeant des signaux de t. s. f. entre les postes de la Tour Eiffel et d'Arlington, reliés respectivement aux deux Observatoires. Les résultats définitifs des mesures donnent pour la différence de longitude des deux observatoires la valeur 5 h. 17 m. 36 s., 67.

2° Sciences physiques. — MM. **E. Colardeau** et M. **J. Richard** : *Sur un dispositif de stéréoscope permettant d'examiner les épreuves radiographiques soit avec le relief normal, soit avec le relief pseudoscopique.* Lorsqu'on examine une épreuve stéréoscopique en interchangeant les deux vues droite et gauche dont elle se compose, on obtient un effet de relief inversé, désigné sous le nom de pseudoscopie. Les auteurs ont reconnu que, dans l'appréciation des radiographies, l'observation pseudoscopique, succédant à celle qui donne le relief normal, peut présenter un grand intérêt. Ils ont donc combiné un stéréoscope à double jeu d'oculaires instantanément interchangeables qui permet de passer immédiatement de l'examen du relief normal à l'examen pseudoscopique ou réciproquement ; cette inversion donne à l'observateur la sensation que le blessé a été retourné au-dessus de la plaque radiographique. — MM. **Oechsner de Coninck** et **Gérard** : *Poids atomique du bismuth.* Le bismuth employé était débarrassé de S et As par fusion avec du salpêtre ; puis il était transformé en chlorure, qu'on réduisait par H. On pesait le chlorure et le bismuth réduit. La moyenne de 4 déterminations a donné comme poids atomique 208,50, nombre égal à celui qui est adopté par la Commission internationale des Poids atomiques.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Bourguignon** : *Caractéristique d'excitabilité des nerfs et des muscles de l'homme avec les décharges de condensateurs, par la détermination du produit R C pour la plus petite capacité donnant le seuil avec le voltage rhéobasique.* Les recherches de l'auteur l'amènent aux conclusions suivantes : 1° La chronaxie ne peut être actuellement déterminée exactement avec les condensateurs chez l'homme. 2° L'introduction de résistances en série avec le sujet rend l'intensité stable pendant que le courant passe, et rend plus facile la lecture du galvanomètre dans la recherche du seuil galvanique, de la rhéobase. Elle permet de voir comment varient les voltages en fonction des intensités chez l'homme. 3° Les condensateurs permettent de trouver, par la détermination de la capacité la plus petite donnant le seuil avec le voltage rhéobasique, une caractéristique d'excitabilité, constante sur les sujets normaux, à condition d'introduire une résistance en série et ne pas trop s'écarter d'une résistance totale de 10.000. Cette caractéristique varie considérablement dans la dégénérescence. — MM. **J. Bouhiol** et **L. Pron** : *Un cas d'hermaphroditisme complet, bisexuellement fécond et synchrone, chez la Daurade ordinaire.* Les auteurs ont observé, sur une Daurade de 35 cm. de longueur pêchée le 23 janvier 1916 dans la baie d'Alger, la présence d'un appareil génital complètement double, glandes et canaux vecteurs, le tout de dimensions et d'aspect absolument normaux. L'ovaire et le testicule venaient de passer tous deux par une période d'activité. Ce cas paraît unique chez la Daurade et les Sparidés. Il ne peut s'agir ici d'un hermaphroditisme protandrique, observé chez certains poissons jeunes, avec atrophie ultérieure du testicule, car l'exemplaire étudié est certainement adulte. — M. **A. Vayssière** : *Sur un Amphineure et sur quelques Gastéropodes opisthobranches et prosobranches de la 2e expédition du Dr Charcot.* L'auteur conclut de ses déterminations que les Mollusques nudibranches ne sont représentés dans les régions australes que par un bien petit nombre d'espèces ; les animaux appartenant à ce groupe habitent en très grande majorité des régions tempérées et chaudes. La famille des Marséniadés offre, par contre, la particularité d'être composée par un certain nombre de genres dont les espèces habitent toutes les régions froides, tandis que les autres genres, en particulier le type générique de cette famille, le genre

Marsenia, ont leurs représentants surtout dans les mers tempérées et chaudes. — M. **Ch. J. Gravier** : *Sur les Madréporaires recueillis par S. A. S. le Prince de Monaco dans les grandes profondeurs de l'Atlantique septentrional.* Les trois quarts des espèces de Coraux recueillis aux grandes profondeurs appartiennent à la famille des Turbinolidés. Les profondeurs où vivent ces Madréporaires oscillent d'ailleurs entre des limites fort éloignées, puisqu'on en retrouve certains à 50 m. de la surface aussi bien qu'à 3000 m. Plusieurs espèces ont une aire de répartition extrêmement vaste. — M. **L. Fernandez Navarro** : *Sur la découverte d'un pointement basaltique dans la Sierra de Guadarrama* (Espagne). Tandis que toute la périphérie de la Meseta centrale espagnole est jalonnée d'éruptions volcaniques tertiaires ou plus modernes, on n'en connaissait aucune à l'intérieur du massif (sinon tout près des bords). L'auteur vient de découvrir dans la Sierra de Guadarrama, au port de Cuencia, un pointement de basalte néphélinique de minime étendue (6 m²) au milieu du granite, qui constitue sans doute le culot lentement refroidi d'un volcan aujourd'hui érodé. Cette roche est dépourvue de feldspath, à l'inverse des roches éruptives modernes de la périphérie de la Meseta. — M. **J. Deprat** : *La série stratigraphique dans le Nord-Tonkin.* L'auteur a observé la succession suivante de terrains dans le nord du Tonkin : *Ouralien* : calcaires à Fusulinidés ; *Dinantien* : calcaires noirs de Méo-Vac; *Gothlandien* : série schisteuse de Dong-Van ; couches de Ma-pi-leun à *Favosites gothlandica* ; série supérieure de Mié-lé à *Rafinesquia*, cf. *lineatissima* (passage à l'Ordovicien); *Ordovicien* : série inférieure de Mié-lé à *Spirifer tonkinensis* et *Dinorthis* cf. *thakil*; couches de Bac-Boun, de Si-ka; série de Loung-Co ; couches à *Trinucleus ornatus* ; série de passage au Cambrien ; *Cambrien* : série de Chang-Poung. — M. **Ph. Glangeand** : *Le volcan pliocène du Saut de la Pucelle (Puy-de-Dôme), ses coulées intrusives et ses glaciers.* L'auteur a reconnu que ce volcan est édifié sur un voussoir oligocène, effondré de 200 m. par rapport à un autre voussoir granitique et archéen plus occidental sur lequel repose une partie du massif volcanique du Mont-Dore. La série éruptive comprend des cinérites fines et des brèches cinéritiques, puis 7 coulées de laves alternant avec cet ensemble. Les restes actuels du volcan, dont la hauteur absolue ne dépasse pas 250 m., forment la base de l'ancien volcan pliocène, beaucoup plus étendu et dont la hauteur atteignait 500 m. environ. Ce sont les glaciers de la première phase glaciaire qui décapitèrent le cône supérieur, ainsi que l'indiquent les blocs erratiques semés sur les coulées les plus élevées. — M. **V. Vincent** : *Circulation du manganèse dans les eaux naturelles.* Les expériences de l'auteur montrent que le manganèse des eaux naturelles se dissout à la faveur de l'acide carbonique et qu'il donne un bicarbonate analogue au bicarbonate de Ca, dont la formule serait $(CO^3)^2$ Mn H^3 et qui n'existerait qu'en solution. Le protoxyde de Mn est beaucoup plus facilement solubilisé que le sesquioxyde.

Séance du 21 *Février* 1916

1° Sciences physiques. — M. **P. Duhem** : *Sur l'électrodynamique des milieux diélectriques.* L'auteur établit un certain nombre de relations nouvelles, utilisables à l'étude des questions d'Electrodynamique. Par leur application, il arrive en particulier à ce résultat : en général, dans un milieu formé de deux ou plusieurs diélectriques, le champ électrique ne saurait être purement longitudinal. — MM. **Ed. Sarasin** et **Th. Tommasina** : *Etude de l'effet Volta par la radioactivité induite : constatation de deux faits nouveaux.* Les auteurs, poursuivant leurs expériences antérieures, établissent que, soit dans le cas des électrodes séparées par de l'air contenant les émanations et le rayonnement de la radioactivité induite, soit dans celui des électrodes en contact direct entre elles, mais en contact aussi avec les activités radioactives et toujours sous l'influence d'une charge électrostatique, il y a production d'un courant. Dans chacun des cas étudiés, le courant part toujours de l'électrode de Zn, de façon que le milieu radioactif se comporte précisément comme l'électrolyte d'une pile. Ces expériences sont en faveur de la théorie chimique des piles, plutôt que de la théorie du potentiel spécifique. — M. **Th. Peczalski** : *Loi de rayonnement intégral et rendement lumineux des métaux à hautes températures.* L'auteur établit théoriquement la relation $E = \sigma T^n$, qui donne l'énergie totale rayonnée par un métal incandescent en fonction de la température. Pour le filament de tantale, $n = 4,2$. En appliquant ces résultats au rayonnement du graphite, l'auteur a reconnu que le pouvoir émissif de ce corps est, à un facteur constant près, celui des corps noirs. — M. **C. Benedicks** : *Nouvelle méthode thermo-électrique pour l'étude de l'allotropie du fer ou d'autres métaux.* L'auteur montre qu'un chauffage local se déplaçant avec une vitesse constante le long d'un fil métallique donne lieu à une f. é. m. dont la mesure peut mettre en évidence l'existence des changements moléculaires des métaux. En utilisant cette méthode, l'auteur a constaté, sur le fer, que le point de transformation A_3 est très nettement accusé par cet effet thermo-électrique; pour A_2, au contraire, il n'a trouvé aucune discontinuité. L'allure des courbes de cet effet ressemble à celle de la dilatation en ce que toutes deux appartiennent au même type; elle donne un appui supplémentaire à la théorie de l'allotropie du fer avancée par l'auteur. — M. **L. Maquenne** : *Sur la présence dans les sucres industriels de réducteurs autres que le sucre interverti.* L'auteur a reconnu que les principes réducteurs autres que le sucre interverti qui existent dans les mélasses se retrouvent jusque dans les sucres cristallisés et raffinés, en proportion même plus forte que dans les produits bruts, si l'on compare cette proposition à celle de l'inverti qui les accompagne. Il en résulte que, pour bien définir un sucre déjà très raffiné, il ne suffit pas d'y doser seulement l'inverti par un chauffage de 10 minutes à 65°, mais il faut aussi le soumettre à l'essai de 3 minutes à l'ébullition, qui décèle seul ces autres principes réducteurs.

2° Sciences naturelles. — MM. **L. Bérard** et **Aug. Lumière** : *Sur le tétanos tardif.* Les auteurs ont observé une dizaine de cas de tétanos tardif dont l'éclosion est survenue plus de 50 jours après la blessure. Pour empêcher ces cas de se produire, ils proposent d'administrer une nouvelle dose de sérum antitétanique toutes les fois qu'une intervention chirurgicale doit être entreprise qui peut provoquer la libération de produits septiques latents dans les plaies suspectes. Depuis l'application systématique de cette règle, les auteurs n'ont plus constaté un seul cas de tétanos tardif sur leurs opérés. — MM. **C. Houlbert** et **C. Galaine** : *Sur les causes du chambrage et sur l'entretien raisonné des bancs d'huîtres naturels.* Les auteurs montrent que le chambrage des huîtres provient simplement d'une pénurie de nourriture organique. Pour l'éviter, il faut : 1° diminuer périodiquement la population des bancs par une exploitation rationnelle basée sur leur puissance de production; 2° débarrasser les bancs actuels des grosses huîtres vieillies et débilitées qui les encombrent; les pêcheurs les considèrent comme stériles et, de fait, si elles ne peuvent plus donner de naissain, la nourriture qu'elles absorbent est sans profit pour la colonie; 3° draguer le sol de temps en temps et chaluter les fonds de pêche autour des bancs naturels dans toute l'étendue de la baie; à la suite de ces pratiques, les huîtres prospèrent mieux parce que, du fait des vases remuées, l'eau de mer leur apporte un supplément d'alimentation azotée : rhizopodes, navicules, etc.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 8 *Février* 1916

M. **A. Goris** : *Préparation du catgut* (voir le numéro du 29 février, p. 103).

Séance du 15 Février 1916

M. **L. Grimbert**: *Sur la recherche des dérivés picriques dans les urines.* L'ingestion d'acide picrique dans le but de provoquer l'apparition d'un ictère artificiel destiné à procurer au fraudeur quelques jours de repos à l'hôpital est une pratique qui a fait des progrès en ces derniers temps, mais qu'il est possible de déceler en recherchant l'acide picrique dans les urines où il est éliminé à l'état d'acide picramique. L'auteur a fait une étude comparative de tous les procédés proposés pour cette recherche. Il donne la préférence à la diazoréaction de Derrien, pour laquelle il décrit une technique perfectionnée; en seconde ligne, il recommande, quoique non spécifique, la réaction donnée par le sulfate ferreux en solution tartrique selon la technique de Le Mithouard. Toutefois, la sensibilité de ces réactions est telle qu'il faudra toujours faire des réserves sur la manière dont l'acide picrique a pu pénétrer dans l'économie. Il est certain que les ouvriers qui travaillent à la fabrication d'explosifs à base de mélinite absorbent continuellement des quantités non négligeables de cette substance qui doit se retrouver à l'état d'acide picramique dans leurs urines. Il peut en être de même chez d'autres sujets, à la suite de l'ingestion répétée de bières additionnées frauduleusement d'acide picrique dans le but de renforcer leur amertume. — M. **Kermorgant**: *Protection de l'enfance indigène dans les colonies autres que l'Algérie, le Maroc et la Tunisie.* Il résulte du rapport de l'auteur que ce sont Madagascar et l'Indochine qui ont fait le plus d'efforts pour assurer la protection de l'enfance, à laquelle elles ont consacré des sommes considérables. Il serait à désirer que nos autres possessions s'engagent dans la même voie plus qu'elles ne l'ont fait jusqu'à présent, dût-il leur en coûter de gros sacrifices. A la suite de la terrible guerre actuelle, à laquelle prennent part de nombreux contingents indigènes, la question de la main-d'œuvre se posera plus urgente que jamais dans nos colonies; il n'est donc que temps d'aviser. — M. **R. Mercier**: *L'élimination fécale azotée dans la fièvre typhoïde.* 1° L'azote fécal total excrété dépasse le taux normal dans 90 % des cas, et dans la moitié il est quadruple. 2° L'azote fécal résiduel constitue à lui seul les trois quarts de l'azote fécal total. 3° Les perturbations de l'excrétion fécale azotée s'accentuent dans le cours de la maladie et se prolongent bien au delà des limites communément assignées à cette affection. 4° Le coefficient d'utilisation digestive azotée, joint à celui des matières graisseuses, ne doit pas être négligé dans l'appréciation des troubles de la nutrition chez les typhoïdiques.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 5 Février 1916

MM. **A. Railliet** et **A. Henry**: *Sur les Oxyuridés.* Afin de faciliter la détermination des Oxyuridés, les auteurs en ont dressé un tableau synoptique basé sur les spicules et sur la situation de la vulve. Il se divise en 5 sections principales: 1° formes à un spicule; 2° formes à un spicule et une pièce accessoire (gorgeret); 3° formes à deux spicules égaux; 4° formes à deux spicules égaux et une pièce accessoire; 5° formes à deux spicules inégaux et une pièce accessoire. — M. **A. Distaso**: *Sur l'épidémiologie expérimentale en tuberculose.* L'auteur arrive aux conclusions suivantes: 1° le cobaye tuberculeux peut contaminer le cobaye neuf; 2° la contagiosité est cyclique. On peut la représenter par une courbe qui est nulle au commencement de l'injection, monte ensuite, atteint son maximum entre le 17e et le 25e jour et descend après jusqu'à être nulle encore une fois. Très probablement dans la première période, le cobaye tuberculeux excrète très peu de microbes qui, absorbés par le cobaye neuf, loin d'engendrer le processus tuberculeux, contribuent vraisemblablement à créer un état d'immunité. Dans la 2e période, le cobaye neuf est sujet à des injections massives et répétées; dans ces conditions, le cobaye neuf est incapable de résister. La 3e période est difficile à expliquer, mais il est bien probable que, dans ce cas, le virus est encapsulé. — MM. **S. Costa** et **J. Troisier**: *Infections expérimentales aiguës du lapin par le* B. icterigenes. Les infections expérimentales aiguës provoquées par le bacille ictérigène chez le lapin se traduisent par une maladie à évolution relativement rapide, avec lésions intenses du foie, des reins et du cœur, et marquée le plus souvent par un ictère terminal caractérisé. — M. **Ed. Retterer**: *Du réseau vasculaire et des espaces caverneux de la rate.* Après avoir débouché dans des cavernes sans paroi propre, les artérioles spléniques se continuent avec des canaux (radicules veineuses) dont la paroi réticulée est formée par les cellules spléniques étoilées, disposées concentriquement à la lumière de ces canaux. Le réseau caverneux de la rate est identique, quant à son origine et sa structure, aux sinus et aux cavernes des ganglions lymphatiques. — Mme **A. Drzewina** et M. **G. Bohn**: *Sur un changement du type de symétrie (symétrie métabolique) chez un Hydraire,* Stauridium productum. Les auteurs ont rencontré à Saint-Vaast-la-Hougue un beau polype du groupe des Hydroïdes, le *Stauridium productum*, fixé sur une Algue en compagnie de nombreuses petites Méduses. Ce polype a été conservé dans une boîte de Petri sous une mince couche d'eau pure, renouvelée de temps en temps. Il a ainsi très bien vécu et a même donné des stolons sur lesquels se sont formés successivement deux nouveaux polypes. Or non seulement ces polypes nouvellement formés différaient du polype initial, mais ce dernier lui-même, à mesure que se prolongeait sa vie en captivité, a subi un remaniement très curieux de son type morphologique: de tétramère, il est devenu trimère. Les auteurs désignent ce phénomène sous le nom de *symétrie métabolique.* — MM. **Ed. Chatton** et **G. Blanc**: *Cryptoplasma rhipicephali n. g. n. sp., protiste endoparasite de la Tique du Gondi.* Les auteurs ont trouvé chez une nymphe de *Rhipicephalus sanguineux*, tique parasite du Gondi, un organisme bizarre constitué par une masse cytoplasmique sans système nucléaire évident, enfermée dans une coque épaisse, à la surface et à l'extérieur de laquelle se trouve un corps qui, par sa colorabilité, se présente comme un noyau, mais qui n'est accompagné d'aucune trace de cytoplasme. Les auteurs considèrent ce parasite comme un complexe de deux éléments, dont l'un, l'externe, représenterait une cellule-hôte réduite à son noyau, laminé et étiré sous la poussée du parasite qui, arrivé au terme de son accroissement, s'est enkysté. Le parasite c'est la masse plasmique interne avec sa coque. — M. **H. Pecker**: *Sur la diazoréaction picramique dans l'urine.* Dans l'élimination de l'acide picrique, on constate la présence dans l'urine de combinaisons picramiques, caractérisées par une diazoréaction spéciale à l'acide picrique (formation d'un azoïque violet avec le β-naphtol en solution ammoniacale). La diazoréaction picramique permet de suivre l'élimination de ces produits, qui s'effectue très lentement après la décharge des premiers jours; elle constitue un moyen facile de déceler l'absorption d'acide picrique à longue distance du jour de l'ingestion. — M. **P.-L. Marie**: *Accidents sériques chez l'homme consécutifs à l'injection intraveineuse de sérum humain.* Il est universellement admis que le sérum humain, contrairement aux sérums hétérologues, est par lui-même sans danger pour l'homme et qu'il ne saurait déterminer d'accidents sériques. L'auteur signale deux faits qui contredisent cette opinion; il s'agit dans les deux cas de maladie sérique observée à la suite d'injection de sérum de typhiques convalescents chez des malades atteints de fièvre typhoïde en évolution. Ces observations montrent l'existence d'isoprécipitines et l'extension au sérum de la spécificité individuelle.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 4 Février 1916

M. **A. Guillet**: *Sirène harmonique à corde.* Il est curieux de constater que les cordes vibrantes, qui sont

d'un emploi si fréquent et si ancien en Musique, ne sont utilisées qu'exceptionnellement en Physique. Pourtant les propriétés théoriques de la corde sont beaucoup plus simples que celles du diapason, dont l'usage est cependant si répandu. Cela tient, sans doute, aux difficultés plus grandes que présente l'entretien électrique du mouvement vibratoire d'une corde. Son peu de masse, l'amortissement considérable de sa vibration, et surtout l'impossibilité de la charger d'organes auxiliaires sont, en effet, à prendre en considération. En réalité, les modes d'entretien appliqués avec succès au diapason s'adaptent à la corde, *mais à la condition de bien combiner et de bien placer le contact.* M. Guillet présente et décrit une sirène à corde d'acier qu'il a étudiée autrefois et reconstruite récemment. Il y a lieu de rejeter, pour cette application, l'entretien par microphone en raison de sa sensibilité à tous les mouvements du support et de sa variabilité d'état, et d'adopter un contact bien défini. Le pôle A du contact, constitué par un fil fin de platine enroulé sur la corde, doit être placé très près de l'une des extrémités de la corde, et l'approche du pôle B (pôle constitué par un fil de platine tendu et à angle droit avec la corde, ou par un fil de platine enroulé sur un anneau formé d'un fil d'acier) vers A doit être effectuée à l'aide d'une vis micrométrique à pas très fin, différentiel même s'il se peut, et par translation. Si l'on opère par entretien direct et par attraction, un électro-aimant rectiligne, en série avec le contact et la pile, est disposé en regard du milieu de la corde (cas de la fréquence fondamentale) et du côté opposé à celui où se trouve le contact : il faut, en effet, que l'action de l'électro s'exerce dans un sens tel que l'aire du cycle d'entretien réponde à un travail positif des attractions. Toutes les inerties d'ordre magnétique ou électrique qui conditionnent le cycle d'entretien sont dans le sens de cette opposition, qui favorise d'autre part la coupure du circuit. Avec l'entretien par induction, le point d'attaque doit être aimanté d'une façon permanente et l'électro reçoit le courant secondaire d'un transformateur commandé par le contact. Lorsque la corde est fine, il est utile de renforcer l'attraction en la filant en son milieu, c'est-à-dire au point d'attaque, et il suffit pour cela, par exemple, d'enrouler un fil de fer autour de la corde. Cet artifice devient indispensable dans le cas d'une corde à boyau ou d'un métal autre que le fer. La corde est tendue sur un support stable aussi indéformable que possible à l'aide d'une vis micrométrique commandant, par translation, la pièce solidaire de l'une des extrémités de la corde. La tête de la vis est de grand diamètre et porte des divisions. Des barrettes autour desquelles le fil est enroulé sont retenues dans des logements cylindriques qui supportent la tension, et la longueur utile de la corde est limitée par des porte-forets massifs. La corde, sans torsion, étant en vibration, il suffit d'agir sur la vis d'une manière continue pour faire monter ou descendre le son et produire par suite l'effet bien connu de sirène. Avec un fil de $\frac{5}{10}$ de millimètre et d'environ 30^{cm} de longueur, il est facile de traverser l'intervalle de fa_2 à la_3 par exemple. A la condition de ne pas produire d'allongement résiduel, il est remarquable de constater avec quelle précision une même fréquence correspond à une même division du tambour. L'électro-corde se prête évidemment à toutes les applications chronographiques ou autres du diapason, s'adapte au sonomètre, etc. — M. **A. Guillet** : *Trieur par synchronisation à corde vibrante.* Il faut établir, puis supprimer périodiquement le courant qui alimente un transformateur et intégrer les effets des courants induits liés soit à l'apparition, soit à la disparition du courant inducteur. Ce problème, qui se présente fréquemment dans la technique des mesures électriques, a été résolu au moyen de commutateurs tournants *trieurs* ou *redresseurs*; mais de telles combinaisons ne constituent qu'une solution approchée, car, en raison des variations inévitables de la vitesse angulaire du moteur, elles n'assurent pas spontanément la périodicité τ du phénomène. Il est donc naturel de chercher à utiliser un vibrateur à oscillations isochrones. Mais un seul vibrateur ne suffit pas, car, s'il commande directement les contacts qui livrent respectivement passage aux courants inducteur et induits, ou bien les deux groupes de courants induits seront admis dans le galvanomètre, ou bien aucun d'eux n'y parviendra. On constate en effet, après avoir tracé la sinusoïde relative au vibrateur, et y avoir marqué les points qui correspondent au jeu de contacts, que l'une des cordes est toujours intérieure à l'autre. Il n'en est plus de même si l'on emploie deux vibrateurs de période τ présentant une différence de phase φ; les deux cordes n'ont plus alors le même axe de symétrie. Selon le signe de φ, le galvanomètre recevra les courants induits à l'ouverture ou à la fermeture de l'inducteur; ou encore on substituera l'un des groupes d'induits à l'autre en permutant le rôle des deux vibrateurs. Comme il est impossible de construire deux vibrateurs de même période, fonctionnant d'une manière indépendante, on ne peut satisfaire aux conditions à remplir : identité de période, invariabilité de la phase arbitrairement choisie, qu'en opérant par synchronisation. On est ainsi conduit à utiliser deux vibrateurs V_1 de période τ_1, V_2 de période τ_2, installés de façon que V_1 entretienne électriquement son mouvement et entretienne également celui de V_2 par le jeu d'une action synchronisante. Cette action est fournie par la mise en série ou en dérivation des deux électros d'entretien, ou encore au moyen d'impulsions produites sur V_2 à l'aide d'un transformateur dont l'inducteur est commandé par V_1. M. Guillet fait fonctionner un trieur par synchronisation constitué par deux électro-cordes; l'accord est aisément établi en agissant sur le *tenseur micrométrique* de l'une d'elles. Le galvanomètre d'Arsonval prend alors une déviation fixe Θ, de laquelle il est facile de déduire la fréquence N de la corde en tenant compte de l'angle d'impulsion Δ déterminé par une seule décharge induite. Le nombre N ainsi trouvé, comparé à la fréquence directement déterminée, est un critérium de la perfection du jeu du trieur.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 28 *Janvier* 1916

M. **Hamonet** expose les résultats de ses recherches dans la série des *glycérines symétriques, vrais homologues* de la glycérine de Scheele, dont aucun membre n'avait été obtenu jusqu'ici. Après avoir cherché en vain, pendant longtemps, à faire la synthèse du pentanetriol-1 : 3 : 5, $CH^2OHCH^2CHOHCH^2CH^2OH$, premier terme de cette série, il a réussi à faire celle du terme suivant, l'heptanetriol-1 : 4 : 7, $CH^2OHCH^2CH^2CHOHCH^2CH^2CH^2OH$. L'éther diméthylique de ce composé s'obtient en faisant réagir le formiate d'éthyle sur le dérivé magnésien du méthoxyiodopropane-1 : 3 :

$$2CH^3OCH^2CH^2CH^2MgI + HCOOC^2H^5 \xrightarrow{H^2O} CH^3OCH^2CH^2CH^2CHOHCH^2CH^2CH^2OCH^3$$

liquide bouillant à 254-256° sous 760 mm. Si l'on veut, en partant de ce corps, préparer en une seule opération la glycérine cherchée, il suffit de faire réagir deux molécules de HI. Par addition d'eau, $2CH^3I$ se précipitent; la solution aqueuse donne l'heptanetriol-1 : 4 : 7, liquide très visqueux, bouillant à 230-233° sous 25 mm. Si, au contraire, on veut aller à la glycérine en passant par ses éthers halogénés ou acétiques, on suivra une méthode beaucoup plus longue, moins avantageuse pour la préparation du produit final, mais qui donnera lieu à des observations intéressantes. L'action de PI^3 ou PBr^3 sur la diméthyline de l'heptanetriol donne $CH^3O(CH^2)^3CHX(CH^2)^3OCH^3$; à la distillation, ce corps perd CH^3X et fournit le méthoxypropyltétrahydrofurfurane, liquide bouillant à 190-191°. HI donne un triiodure non distillable; HBr à froid fournit d'abord un dibromure 1 : 7, qui, lui aussi, se décompose à la distillation en donnant le bromopropyltétrahydrofurfurane. En poussant plus loin et à chaud l'action de HBr, on obtient

le tribromoheptane 1:4:7, qui peut être distillé dans le vide presque sans décomposition; Eb. 184-185° sous 19 mm. Le dibromure et le tribromure, traités par l'eau bouillante, fournissent le même produit, non la glycérine, mais le propyloltétrahydrofurfurane. Enfin le dibromure et le tribomure peuvent être transformés en diacétine ou triacétine qui, par saponification, donne la même glycérine obtenue directement. Comme on connaît déjà quatre composés de la forme $RO(CH^2)_nX$ ($n>2$) capables de fournir des dérivés magnésiens (en C^3, C^4, C^5, C^6) — il serait même facile d'en obtenir d'autres — on voit qu'en leur appliquant la réaction qui a servi à la préparation de l'heptaneriol-1:4:7, on pourrait également faire la synthèse des glycérines symétriques en C^9, C^{11}, C^{13}, etc.

Séance du 11 Février 1916

M. **M. Sommelet** : *Sur l'éther αγ-diéthoxyacétylacétique.* L'auteur a appliqué la réaction de Claisen aux éthers de la série glycolique et obtenu, en partant de l'éther éthoxyacétique, l'éther α γ-diéthoxyacétylacétique $C^2H^5O.CH^2.CO.CH(OC^2H^5).CO^2C^2H^5$ avec un excellent rendement. Sa saponification conduit, suivant les conditions où elle est effectuée, au dédoublement acide ou au dédoublement cétonique. Traité par l'éthylate de Na en solution alcoolique, il subit le dédoublement dit éthéré, qui le ramène à l'éther éthoxyacétique générateur. Mais, d'autre part, on constate que ce dernier, sous l'influence du même réactif alcalin, se transforme partiellement en éther αγ-diéthoxyacétylacétique; l'éthylate de Na est donc capable de déterminer soit la synthèse, soit le dédoublement de l'éther β-cétonique. L'éther αγ-diéthoxyacétylacétique se transforme en ses homologues α-alcoylés en traitant son dérivé sodé par les alcools en présence d'éther ou de benzène; en milieu alcoolique, il y a à la fois alcoylation et dédoublement éthéré. M. **A. Haller** fait remarquer à ce propos qu'il a observé autrefois le dédoublement de dérivés alcoylés de l'éther acétylcyanacétique par l'éthylate de sodium.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 6 Décembre 1915

M. **F. G. Donnan** : *Les graphiques de mélanges dans les industries chimiques.* Dans certaines industries, les produits fabriqués (savon, verre, poterie, vernis, lubréfiants, etc...) ne sont pas des substances pures, mais un mélange de substances. Les proportions dans lesquelles les constituants X, Y, Z,... doivent être employés pour obtenir un produit de qualité définie peuvent, en général, varier d'une manière définie ou entre certaines limites données. Si les prix des X, Y, Z,... par unité de poids sont à certain moment a, b, c, il y a des proportions des constituants qui permettent de fabriquer au prix le plus économique. Si les prix a, b, c,... varient sur le marché, ces proportions varieront également. Il serait désirable d'avoir une méthode qui donne rapidement la solution de ce problème. L'auteur montre que les méthodes graphiques sont les meilleures à ce point de vue. Envisageant le cas de trois constituants seulement de prix variable, il montre que le diagramme triangulaire familier à tous les chimistes et métallurgistes permet de résoudre le problème. Il donne un certain nombre de suggestions sur la façon de traiter les différents cas qui peuvent se présenter dans la pratique.

Section de New-York

Séance du 19 Novembre 1915

M. **W. H. Lewis** : *La chimie des solides amorphes.* L'auteur essaie de généraliser les travaux récents sur les solides amorphes dans un certain nombre de propositions : 1° Tous ou presque tous les solides amorphes sont composés de gros agrégats moléculaires. 2° Les agrégats moléculaires de la plupart des solides amorphes peuvent être conçus comme composés d'unités relativement petites V groupées ou associées un grand nombre de fois par polymérisme, condensation ou autrement, le résultat étant représenté par V_n. Exemples : cellulose, $(C^6H^{10}O^5)^n$; caoutchouc, $(C^5H^8)^n$; etc. 3° En général, dans un solide amorphe V_n, la valeur de n n'est pas fixée, mais le solide est formé d'agrégats moléculaires de diverses dimensions, dus à un degré variable d'association de l'unité V, c'est-à-dire à des valeurs diverses de n; n est toujours un nombre entier, mais ne varie probablement pas par unités; ses diverses valeurs diffèrent sans doute de nombres relativement grands. 4° Les propriétés caractéristiques de tous les solides amorphes sont d'abord la plasticité et ensuite une inertie relative, chimique et physique. La plasticité décroît et l'inertie chimique et physique augmente quand : *a*) les dimensions de l'agrégat moléculaire V_n augmentent; *b*) la température diminue; le gonflement des solides amorphes dans les solvants est dû à la distension d'un résidu insoluble et semi-perméable par la pression osmotique d'une partie dissoute. Les solvants tendent à augmenter la plasticité et à diminuer la résistivité chimique et physique. 5° Une manipulation mécanique excessive des solides amorphes rompt les agrégats moléculaires eux-mêmes et produit une augmentation de la plasticité et une diminution de l'inertie. Exemples : manipulation du caoutchouc, travail des métaux. 6° L'utilité des solides amorphes est due en grande partie à leur plasticité, qui permet de les déformer à volonté. Après moulage, il est généralement nécessaire de diminuer la plasticité pour assurer la permanence de la forme, la dureté et la résistivité; on y arrive soit en abaissant la température, soit en augmentant les dimensions des agrégats moléculaires. L'auteur donne ensuite un certain nombre d'indications sur les méthodes de manipulation des substances plastiques.

Section de Manchester

Séance du 14 Janvier 1916

M. **J. Grossmann** : *Méthode pour l'utilisation du bisulfate de soude* (nitre-cake). L'auteur propose d'utiliser le bisulfate de soude, sous-produit de la fabrication de l'acide nitrique qui n'est actuellement d'à peu près aucun usage, à la préparation de la soude caustique. Pour cela, il fait réagir le bisulfate sur le sulfite de chaux : $(5\,Na^2SO^4 + 3\,H^2SO^4) + 6\,CaSO^3 = 2\,Na^2SO^4 + 6\,NaHSO^3 + 6\,CaSO^4$. Ensuite, on fait réagir le mélange de sulfate et de bisulfite de soude sur de la chaux : $2\,Na^2SO^4 + 6\,NaHSO^3 + 6\,CaO = 2\,Na^2SO^4 + 6\,NaOH + 6\,CaSO^3$. Le sulfite de calcium employé à l'origine est entièrement régénéré et est séparé de la solution. Le sulfate de soude est précipité à son tour par ébullition et la soude caustique est livrée à l'état de solution ou amenée à l'état solide. Dans les conditions actuelles, la mise en œuvre de ce procédé donnerait d'assez beaux bénéfices, et laisserait encore un profit appréciable après la guerre.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 6 30 MARS 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Sir William Turner (K. C. B., F. R. S.). — La Grande-Bretagne vient récemment de perdre l'un de ses plus grands anatomistes, dont la renommée s'étendait dans le monde entier.

Sir William Turner, principal et vice-chancelier de l'Université d'Edimbourg, est mort le 15 février dernier à l'âge de 84 ans. On l'avait vu au début du mois assister à une cérémonie militaire à la cathédrale de Saint-Giles et siéger au Sénat académique. En une seule semaine, la maladie a terrassé cette santé robuste qui faisait l'admiration de tous ceux qui l'ont connu.

Né en 1832, en Angleterre, dans le comté de Lancastre, William Turner reçut sa première instruction médicale à Saint-Bartholomew's Hospital, et c'est au lendemain de ses études en 1854 que le professeur John Goodsir l'appela près de lui pour remplir les fonctions de démonstrateur d'Anatomie.

Il ne devait jamais quitter l'Université d'Edimbourg. A la mort de Goodsir, en 1867, il y devient professeur d'Anatomie, et le resta jusqu'en 1903, époque à laquelle il résigna ses fonctions pour occuper le siège de Principal de l'Université.

William Turner se manifesta pendant sa longue carrière tout à la fois comme un organisateur de premier ordre, comme un maître auquel aucune des qualités requises pour l'enseignement ne manqua, enfin et surtout comme un travailleur acharné et un savant émérite.

En tant qu'organisateur, l'Université d'Edimbourg sait ce qu'elle lui doit, et tous les biologistes étrangers qui ont eu l'occasion de traverser la capitale de l'Ecosse en ont admiré l'important Musée d'Histoire naturelle, en grande partie son œuvre, et qui contient, comme l'on sait, une collection de documents concernant les Cétacés avec laquelle seules peuvent rivaliser les collections du Kensington Museum à Londres et celles du Museum d'Histoire naturelle à Paris.

Pour montrer ce qu'il fut comme maître, il suffira de rappeler que la plupart des anatomistes modernes de la Grande-Bretagne furent ses élèves, notamment le regretté D. J. Cunningham, disparu trop tôt pour le bien de la science, qui lui succéda en 1903 dans sa chaire et qui nous a laissé de si remarquables travaux sur l'anatomie des Singes, particulièrement sur celle de leur cerveau.

Mais c'est surtout comme chercheur et comme savant que sir William Turner retiendra l'admiration de la postérité. Il ne lui manquait aucune des qualités qui constituent en Biologie ce que l'on peut appeler la manière anglaise. Il était concis, exact, précis, ordonné, clair et logique; et de sa concision, de son exactitude, de sa précision, de sa logique mêmes s'élevaient un charme et une éloquence qui retenaient à son texte les lecteurs même les moins préparés. Quand il étudiait une question, il n'omettait rien de ce qui était à dire, mais ne laissait point aller son esprit à ces digressions qui alourdissent un mémoire et nuisent à sa clarté.

C'était un travailleur infatigable. La liste de ses publications compte 275 rubriques, dont un grand nombre concernent de volumineuses études originales ou des livres importants. Elle débute avec l'année 1854 par un travail sur l'examen du fluide cérébro-spinal (*Proceed. Roy. Soc. London*) et s'achève en 1914 par une étude d'Anatomie anthropologique, la troisième partie de ses recherches sur les Aborigènes de Tasmanie (The hair of the head compared with that of other Ulotrichi et with Australians and Polynesians, *Trans. Roy. Soc. Edin.*, vol 50, pt. II, 1914) et une étude cétologique (The Baleen Whales of the South Atlantica with figures in text, *Proceed. Roy. Soc. Edin.*, Nov. 2 1914, vol. 35), la dernière d'une longue série commencée en 1860.

L'activité de sir William Turner s'est déployée dans un grand nombre de champs différents.

En Anatomie et en Physiologie humaines, on lui doit une suite de travaux sur les sujets les plus variés, envisagés tantôt au point de vue général, tantôt à celui des caractères différentiels des races humaines. Ses recherches craniologiques sur les Ecossais, les Tasmaniens, les peuples de l'Inde et de Borneo font autorité dans le monde.

En Anatomie comparée, il nous laisse des investigations

remarquables sur la placentation chez les Mammifères et sur le cerveau ; à l'égard de ce dernier, il peut être considéré comme l'un des principaux précurseurs et promoteurs de toutes les recherches qui se poursuivent actuellement, aussi bien en Angleterre qu'en France, pour établir sur des bases enfin rationnelles la description et l'étude du néopallium de l'Homme et des Singes. Il avait consacré à l'Anatomie des Cétacés une grande partie de sa vie, et on lui doit à ce point de vue la connaissance de nombreux faits importants.

Bien qu'essentiellement vertébrologiste, l'anatomie des Invertébrés ne lui resta point étrangère, et il prolongea même ses investigations jusque dans le domaine de l'Anatomie pathologique, traitant les questions à la lumière de ses vastes connaissances en Anatomie normale comparée.

Sir William Turner fut à tous égards le digne continuateur en Grande-Bretagne de la lignée des Hunter, des Owen et des Huxley ; le deuil de son pays sera celui de tous les biologistes.

R. Anthony,
Professeur à l'Ecole d'Anthropologie,
Directeur adjoint de Laboratoire à l'Ecole des Hautes Etudes.

§ 2. — Physique

Relais photo-électrique. — M. Kunz[1] a construit un relais photo-électrique sensible, représenté sur la figure 1, et qui paraît susceptible d'un grand nombre d'applications scientifiques et techniques. Il consiste en un tube de verre de 6 cm. de diamètre et 19 cm. de longueur, dans lequel un disque d'aluminium D' peut être approché ou éloigné d'un grillage en fils de fer B, sous l'influence d'une action magnétique exercée sur le cylindre en fer E.

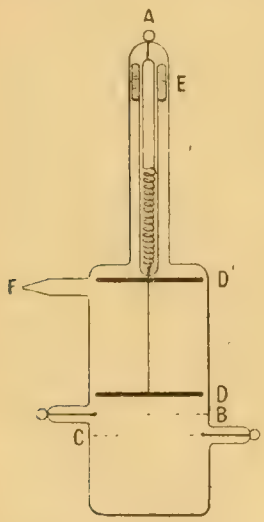


Fig. 1. — *Relais photo-électrique sensible.*

Par le tube latéral F, des vapeurs de rubidium distillées dans le vide viennent se condenser sur le disque D' de manière à le recouvrir d'une couche uniforme. On fait ensuite rentrer de l'hydrogène ou de l'argon.

Supposons que, le disque d'aluminium étant amené dans la position D, on fasse tomber sur lui, à travers les grillages B et C, les rayons d'une lampe à incandescence située à 50 cm. environ en avant du plateau. Les électrons émis dans ces conditions se déplacent, grâce à une faible différence de potentiel, de D vers B, où ils entrent dans le champ électrique compris entre C et B qui est suffisamment intense pour que l'ionisation par choc puisse se produire. Dans ces conditions, le courant entre B et C peut devenir très intense.

Les courants entre D et B d'une part, B et C d'autre part, varient grandement avec la pression et la distance des électrodes. Au cours d'expériences faites par M. Kunz, la distance entre B et C a été maintenue constante à 5 mm., tandis que la distance entre D et B a varié de 3 à 30 mm. Dans ces conditions, le courant primaire, ou photo-électrique, entre D et B, a varié de 3×10^{-10} à 10^{-7} ampère, et le courant secondaire ou courant d'ionisation, entre B et C, de 10^{-7} à 10^{-5} ampère. Le courant secondaire maximum est suffisant pour actionner un relai ordinaire. Le voltage secondaire, nécessaire pour le courant maximum, a été de 136 volts. Un accroissement plus grand de cette tension produit une décharge lumineuse, qui persiste même après l'interruption du courant primaire.

On voit bien que l'appareil fonctionne comme relais, un faible courant primaire fermant le circuit d'un courant secondaire relativement intense.

Entre autres applications du dispositif précédent, signalons qu'il peut être utilisé : comme détecteur d'ondes électro-magnétiques ; comme relais téléphonique pour des courants électriques faibles ; comme thermostat pour le réglage de la température à une très faible fraction de degré près ; comme relais sensible à la lumière. Ainsi on a pu, avec cet appareil, utiliser un rayon de lumière pour actionner une sonnerie électrique et mettre en circuit un groupe de lampes à incandescence.

§ 3. — Photographie

La netteté des phototypes destinés à l'agrandissement. — La vogue croissante, et d'ailleurs justifiée, des appareils photographiques de très petit format a généralisé la pratique des tirages d'épreuves par agrandissement. Avec les cônes agrandisseurs, l'impression amplifiée n'est pas plus compliquée que l'impression par contact au châssis-presse, et le cliché est obtenu dans des conditions beaucoup plus commodes et plus économiques.

Cependant, il est généralement admis que les résultats fournis par cette combinaison ne valent pas ceux que donnent les grandes photocopies directement tirées par contact sous un cliché de même dimension. Et, de fait, la comparaison des résultats obtenus dans l'un et l'autre cas semblerait, le plus souvent, justifier cette opinion. La plupart des images imprimées à l'agrandisseur ont quelque chose de vague, d'inconsistant, qui peut séduire les partisans du flou, lorsqu'il s'agit de réaliser certains effets artistiques, mais qui n'est plus admissible dès qu'on se propose de recueillir des documents précis. Ce défaut n'est pourtant pas impossible à éviter, et, quand il se manifeste, il faut en accuser moins les procédés photographiques actuels que les opérateurs qui ne savent pas en utiliser les ressources.

C'est, d'abord, une erreur trop répandue que d'imputer le manque de netteté à la grossièreté du grain des émulsions au gélatino-bromure très rapides. Il est vrai que, si l'on se propose d'exécuter des négatifs microscopiques, en vue de certains travaux scientifiques, il est nécessaire de préparer des plaques spéciales, au collodion et à l'albumine, à l'aide desquelles on obtient des images qui supportent, au microscope, un grossissement de 150 fois, sans montrer la moindre trace de grain. Ce n'est qu'avec une amplification de 200 diamètres que le grain commence à se manifester, et pourtant la reproduction ainsi réalisée ne sera nette que si la plaque a été exposée dans un appareil de précision, muni d'un objectif très bien corrigé de toute aberration, de grande ouverture et de très courte distance focale, 30 ou 40^{mm} au plus.

Dans la pratique usuelle de la photographie, on est loin de pousser l'agrandissement à de pareilles proportions. Les appareils de poche, qui ne tiennent pas plus de place qu'un calepin ou un étui de cigarettes, donnent des clichés $4\,1/2 \times 6^{cm}$, que l'on agrandit ordinairement au format de la carte postale, plus rarement au format 13×18 et, exceptionnellement, au format 18×24. Retenons seulement ce cas extrême, soit un grossissement linéaire de 4 fois, et voyons si nos émulsions rapides sont incapables de donner, dans ces conditions, des images assez nettes.

D'une façon générale, il est exact que les plaques rapides produisent des images moins fines que les plaques lentes. Quand l'émulsion est préparée à une température aussi basse que peut le comporter la fusion de la gélatine (27 ou 28°), elle est absolument transparente, mais

1. *The Electrical Review*, 21 janvier 1916.

très peu sensible. Si, pour en accroître la sensibilité, on la soumet à l'action de la chaleur, on la voit devenir peu à peu opaline, et l'examen au microscope montre que le bromure d'argent s'agglomère en grains de plus en plus volumineux. Cependant, il n'y a là qu'une coïncidence fortuite; il n'existe, en réalité, aucune relation nécessaire entre la sensibilité et la grosseur du grain, et la plupart des fabricants arrivent, à l'aide de recettes plus ou moins secrètes, à préparer des émulsions rapides à grain relativement fin. Comparons, par exemple, les plaques de sensibilités différentes fabriquées dans les usines Lumière. La plaque *sigma* est trois fois plus sensible que la plaque à étiquette bleue, et pourtant le grain de la première est notablement plus fin et plus régulier que celui de la seconde. La plaque à étiquette violette est sept fois plus rapide que la plaque à étiquette bleue et conserve néanmoins une finesse de grain comparable à celle de la plaque sigma.

Le grain de la sigma est assez ténu pour permettre d'enregistrer des détails de 1/40 de millimètre[1]. Dans le cas supposé plus haut de l'agrandissement à 4 diamètres, la netteté de l'épreuve sera donc de l'ordre du dixième de millimètre, et c'est justement la valeur limite généralement admise pour le foisonnement. On peut d'ailleurs, en pratique, tolérer un peu moins de définition et aller jusqu'à 2/10 ou même 2,5/10 pour les images de dimensions moyennes, sans éprouver l'impression d'un défaut de netteté[2].

Ce n'est donc pas le grain de l'émulsion qui est en cause, d'autant plus que nous indiquerons plus loin un moyen de l'atténuer. Les détails perdus à l'agrandissement devraient s'y trouver, si l'image formée sur la couche sensible possédait, en réalité, les qualités nécessaires de finesse et de précision que peut seul assurer un matériel bien construit et judicieusement manié.

En premier lieu, un objectif parfaitement corrigé est indispensable. L'aberration de sphéricité et l'astigmatisme épaississent les contours, les points, les traits, et l'aberration chromatique les étale, surtout lorsqu'on emploie des plaques orthochromatiques impressionnées par les radiations les moins réfrangibles. Si l'on essaie d'atténuer ces défauts en diaphragmant, la netteté est alors altérée par la diffraction. C'est encore un sujet d'étonnement pour beaucoup de photographes que les meilleurs anastigmats donnent leur maximum de netteté à leur plus grande ouverture. Dans les anciens objectifs, l'influence de la diffraction était insignifiante, parce que les aberrations n'y étaient que très imparfaitement corrigées : l'emploi du diaphragme améliorait donc l'image, en accroissait la finesse et étendait le champ de netteté. Il n'en est plus de même avec les anastigmats, du moins ceux de premier ordre (car il y en a de médiocres), dont le diaphragme ne sert qu'à augmenter la profondeur de champ et la profondeur de foyer, et ceci au détriment de la netteté, qui se trouve dès lors viciée par la diffraction. Il va sans dire qu'en pareil cas le foisonnement n'est que relatif : l'image ainsi obtenue n'en demeure pas moins aussi fine et par ailleurs beaucoup plus parfaite que celle que donnerait, à ouverture égale, un objectif mal corrigé.

Cependant, ce n'est qu'en travaillant à grande ouverture que l'anastigmat de bonne marque produira des clichés capables de donner à l'agrandissement des épreuves nettes. L'inconvénient d'une grande ouverture est de rendre la mise au point parfois très difficile, sinon impossible. Si le sujet comporte plusieurs plans et qu'on règle la mise au point sur l'un d'eux, on remarquera que les autres, plus rapprochés ou plus éloignés, ne sont pas nets : l'objectif manque de *profondeur de champ*. En outre, si, après avoir mis au point l'image d'un objet, on essaye de déplacer, en avant ou en arrière, le verre dépoli, même d'une très faible quantité, toute netteté disparaît : l'objectif manque de *profondeur de foyer*. Nous venons de voir que ces défauts s'atténuent au moyen du diaphragme ; mais, dans le cas que nous envisageons, il faut y renoncer.

Le défaut de profondeur de champ a heureusement pour correctif une propriété optique particulièrement avantageuse dans le cas des très courts foyers qu'exigent les petits formats. Tous les objets situés au delà d'une certaine distance, que l'on appelle la *distance hyperfocale*, forment leurs images sur le même plan. Il ne s'agit donc que de ne pas opérer de trop près. Or, la valeur de l'hyperfocale croît, à égalité de foyer, comme le diamètre relatif du diaphragme, et, à égalité de diamètre relatif, comme le *carré* du foyer. Elle est d'ailleurs proportionnelle au degré de netteté que l'on se propose de réaliser. Ces relations sont exprimées par la formule :

$$H = \frac{pf^2}{2s}$$

dans laquelle H est l'hyperfocale, p le foisonnement limite, f la distance focale principale, et s le diamètre relatif de l'ouverture. Par exemple, en admettant pour limite du foisonnement 1/10 de millimètre, et pour ouverture un diaphragme égal à F : 5, la distance hyperfocale sera de 2 m. 50 si le foyer de l'objectif est de 5^{cm}, et de 40^{m} si le foyer est de 20^{cm}. Donc, le foyer 4 fois plus court permettra d'opérer, sans se préoccuper de la mise au point, à partir d'une distance 16 fois moindre, toutes choses égales d'ailleurs. Il est vrai que l'agrandissement du cliché nous impose une plus grande netteté ; mais, si nous voulons réduire le foisonnement au quart de la valeur précédente, soit 1/40 de millimètre (ce que nous permettent de faire les plaques sigma), l'hyperfocale sera reportée simplement 4 fois plus loin, à 10 mètres par conséquent, et, en agrandissant le cliché à 4 diamètres, nous aurons la même netteté que si nous avions directement opéré avec le foyer de 20^{cm}, mais en ne réalisant cet avantage qu'avec le court foyer la distance hyperfocale reste encore 4 fois plus courte qu'avec l'objectif à long foyer.

Reste le défaut de profondeur de foyer. L'épaisseur focale est d'autant plus réduite que l'ouverture relative est plus grande : l'image se forme dans un plan strictement limité, et le plus léger écart de la surface sensible, en deçà ou au delà de ce plan, détruit toute netteté. Le seul remède à cela est un réglage très soigné de la mise au point. Il s'ensuit que, parallèlement à l'augmentation de la luminosité de l'objectif, doivent croître les conditions de précision indispensables aux chambres noires destinées à les recevoir. Si le plan du verre dépoli n'est pas rigoureusement perpendiculaire à l'axe optique principal, ou si la surface sensible ne coïncide pas exactement avec l'écran de mise au point, il est tout à fait inutile d'employer un objectif de grande valeur, car l'image ne serait pas meilleure que celle qu'aurait donnée un instrument à bas prix. L'appareil (chambre noire et châssis, magasin ou film-pack) doit donc aller de pair avec l'objectif, afin d'en utiliser toutes les qualités optiques.

Il va sans dire que la netteté serait compromise, si l'obturation n'était pas assez rapide ; mais la grande ouverture de l'objectif et la sensibilité des plaques actuelles permettent de réduire la pose, dans la plupart des cas, de manière à assurer la fermeté des contours, même ceux des sujets animés de mouvements à grande vitesse. L'obturateur de plaque donne, à cet égard, toute satisfaction.

Le développement influe aussi sur la netteté : un révélateur trop concentré ou trop alcalin tend à augmenter les dimensions du grain ; un bain dilué, agissant lentement, fournit, au contraire, des images plus fines, bien modelées et sans empâtements. Quand les circonstances permettent de surexposer, il est facile d'obtenir des images d'une extrême finesse, en employant le révélateur suivant, indiqué par MM. Lumière et Seyewetz :

1. *Bulletin de la Société française de Photographie*, 1904, p. 397.

2. C. Fabre : *Traité encyclopédique de Photographie*, supplément C, p. 24.

Eau.....	1.000 cc.
Paraphénylènediamine.....	10 gr.
Sulfite de soude anhydre.....	60 »

Le développement est très lent : une demi-heure est généralement nécessaire pour que le négatif atteigne l'intensité voulue. Si la plaque n'a pas subi un excès de pose, l'image est peu intense et voilée. L'emploi de ce révélateur est donc très limité; il est surtout indiqué dans les cas où le phototype est destiné à être agrandi à une très forte échelle.

Avec les autres révélateurs, le grain sera parfois visible; mais ce n'est pas là un vice irrémédiable, dans bon nombre de cas. Beaucoup d'opérateurs confondent le grain de l'émulsion avec le grenu qui recouvre les clichés lavés dans une eau trop calcaire. Il est facile de l'éviter : si l'on n'a que des eaux calcaires, on les fera préalablement bouillir, ou bien on les additionnera d'un peu de carbonate de soude, et on laissera déposer le précipité, avant de s'en servir. Le grenu en question disparaît, du reste, dans une solution diluée (2 ou 3 %) d'acide chlorhydrique. Quant au grain proprement dit de l'émulsion, il ne devient réellement trop apparent qu'en cas de très forte amplification. On peut l'atténuer et rendre l'image notablement plus fine, en trempant le cliché, pendant quelques minutes, dans une solution d'alun de chrome à 6 ou 8 %, qui durcit et contracte la gélatine. Il s'ensuit une sorte de tassement des grains d'argent, dont la couche est rendue plus homogène et plus compacte.

Enfin, le tirage des épreuves amplifiées nécessite lui-même quelques soins. La plupart des cônes agrandisseurs sont d'une construction par trop rudimentaire et munis d'objectifs imparfaits, mal corrigés des aberrations et trop fortement diaphragmés. Le mieux serait d'y adapter l'objectif même qui a servi à la prise du cliché, et de régler la mise au point avec la précision qu'exige un instrument d'optique à grande ouverture.

Ernest Coustet.

§ 4. — Paléobotanique

La constitution microscopique des charbons. — L'emploi de méthodes perfectionnées pour la préparation de sections transparentes dans les charbons a donné lieu à une nouvelle série de recherches microscopiques sur leur constitution, parmi lesquelles il faut citer spécialement celles de Jeffrey et Thiessen en Amérique, et de Lomax et Hickling en Angleterre.

Ces recherches[1] tendent à confirmer la séparation des charbons en deux types principaux : les charbons bitumineux ou « humiques » et les charbons cannéloïdes ou « sapropéliques ». Ces derniers sont en général des charbons riches en spores et de composition très hétérogène, tandis que les charbons bitumineux sont relativement homogènes en ce qui concerne la substance qui les compose. Les charbons anthracitiques peuvent probablement se former aux dépens de l'un ou l'autre de ces types.

Une section (de 0,001 à 0,005 mm. d'épaisseur) d'un charbon bitumineux typique, pas trop riche en carbone, apparaît généralement sous le microscope comme une masse presque uniforme, rouge foncé ou orange, avec quelques taches, bandes ou lentilles plus sombres ou plus pâles. Ici et là, toutefois, les bandes rouges homogènes peuvent présenter la structure cellulaire de quelque tissu végétal, les parois des cellules apparaissant comme des colorations plus foncées dans la masse rouge. Les fragments de charbon présentant ces structures d'une façon distincte ne forment qu'une faible partie de la masse totale; mais une observation attentive montre qu'ils sont très répandus, quoique souvent invisibles par suite de la faible différence de coloration entre la paroi et la substance cellulaires. D'autre part, quand on découvre un fragment de tissu végétal bien défini, la distinction entre les parois et le contenu diminue graduellement jusqu'à disparaître, de sorte que le tissu se fond dans ce qui apparaît comme du charbon homogène; il est probable que la structure tissulaire existe réellement dans ce dernier, mais elle ne peut plus être distinguée optiquement.

L'impression générale qui persiste après l'examen étendu de ce type de charbon est qu'il consiste principalement en ce tissu végétal. L'idée généralement acceptée que le charbon commence par être une masse de débris végétaux semblable à la tourbe, qui, par compression suivie de la perte graduelle de certains éléments chimiques (oxygène et hydrogène principalement), est convertie lentement en charbon, est inexacte au fond, ou au moins incomplète, et par conséquent toutes les hypothèses sur la constitution actuelle des charbons basées sur cette idée sont inexactes.

M. Hickling suggère, à son tour, que la plus grande partie de la végétation carbonifère qui subsiste aujourd'hui à l'état de charbon a été réduite par décomposition (probablement bactérienne) à l'état liquide, ce liquide imbibant les résidus non décomposés de la végétation. Ce processus liquéfiant a conféré au charbon une sorte d'homogénéité qui lui aurait autrement fait défaut; mais, d'autre part, il a conduit à une hétérogénéité particulière, qui se manifeste par la variation d'aspect microscopique avec le pourcentage de carbone du charbon. Cette hétérogénéité est probablement attribuable aux tissus végétaux agissant comme membranes semi-perméables, à un degré variable suivant leur nature, pendant le processus de la formation du charbon.

1. *Journ. Soc. Dyers and Col.*, 1916, t. XXVII, p. 9-11.

§ 5. — Physiologie

Action des rayons ultra-violets sur les milieux réfractifs de l'œil[1]. — Les milieux réfractifs de l'œil sont formés de cellules dont le constituant le plus important est une substance colloïdale, la protéine. On sait que le blanc d'œuf, qui est une protéine, se coagule et devient opaque sous l'action des rayons ultra-violets, aussi bien que sous l'action de la chaleur à 100°.

Un cristallin normal, après avoir été comprimé entre deux plaques de quartz, a été soumis pendant 30 heures à l'action des rayons émanés d'une lampe en quartz à vapeur de mercure et étalés en spectre par un spectrographe, sans que sa transparence ait été altérée. Cependant, en immergeant la préparation dans une solution de chlorure de calcium à 0,1 %, quatre bandes de coagulation ont apparu sur le cristallin pour les longueurs d'onde 249$\mu\mu$, 254$\mu\mu$, 265$\mu\mu$ et 280$\mu\mu$.

D'où l'on peut tirer la conclusion que les rayons de courte longueur d'onde du spectre coagulent la substance vivante des cellules en la modifiant de façon à rendre possible la combinaison avec certains sels (par exemple, ceux du calcium) pour former un précipité ou coagulum opaque.

La grande résistance qu'un cristallin normal oppose à la coagulation sous l'influence des rayons ultra-violets peut s'expliquer par le fait qu'il n'y a pas, dans le cristallin, de sels qui puissent se combiner avec les protéines modifiées par les rayons de courte longueur d'onde. Le fait qu'il a été possible, par l'action de la lumière ultra-violette, de produire l'opacité du cristallin pour un poisson vivant dans des solutions de certains sels, mais non pour un poisson d'eau douce, semble s'accorder avec l'hypothèse précédente. Sur des grenouilles, on a constaté également que l'efficacité du rayonnement ultra-violet à produire un trouble des parties antérieures de l'œil est notablement augmentée par des solutions de sels de calcium ou de magnésium ou de silicate de soude. On sait, d'ailleurs, que, dans l'œil humain atteint de cataracte, les quantités présentes de ces sels sont bien supérieures à la dose normale.

1. Burge : *Journal of the Franklin Institute*, oct. 1915.

SUR L'ORGANISATION DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR TECHNIQUE

DANS LES UNIVERSITÉS[1]

On sait que M. le sénateur Goy a déposé une proposition de loi tendant à la création de nouvelles Facultés de Sciences appliquées, à la transformation de certaines Facultés des Sciences en Facultés de Sciences appliquées, et au transfert dans les Facultés nouvelles des Instituts techniques ressortissant actuellement aux Facultés des Sciences.

Le personnel enseignant des nouvelles Facultés serait nommé sans condition de diplôme et pour un temps limité.

Les Facultés de Sciences appliquées recruteraient leurs élèves parmi les licenciés ès sciences ou les titulaires de certificats d'études supérieures ; enfin elles délivreraient un diplôme de Docteur ès Sciences appliquées.

Telle est, dans ses lignes essentielles, la proposition de loi sur laquelle je demande à présenter quelques observations[2].

I

Tout le monde, je crois, est unanime à penser qu'il y a lieu de renforcer et d'élargir l'enseignement supérieur technique en France, et aussi que les Universités peuvent et doivent apporter à cette œuvre leur concours le plus actif.

Il s'agit donc simplement de rechercher les modalités les plus efficaces de ce concours.

Tout d'abord y a-t-il lieu de créer des Facultés de Sciences appliquées? Nous ne le pensons pas.

Le mot *Faculté* désigne, en effet, un établissement dont le statut correspond à l'esprit et au but de l'Enseignement supérieur proprement dit.

Or, nous allons montrer dans la suite que tout autres doivent être l'esprit, le but, l'organisation, la discipline intérieure d'un établissement d'enseignement supérieur technique, tout autres aussi le statut et les prérogatives du personnel enseignant.

Nous proposons donc, pour les établissements à créer, le nom d'Institut d'enseignement supérieur technique de l'Université.

Il faut, en effet, rattacher l'Institut technique à l'Université et non aux Facultés qui ont déjà, au sein de l'Université, des existences trop séparées.

L'Institut technique sera donc un établissement autonome, jouissant de la personnalité civile, faisant partie intégrante de l'Université, au même titre que les Facultés, mais non rattaché administrativement à une Faculté.

L'organisation intérieure de l'Institut technique sera absolument différente de celle des Facultés.

Celles-ci sont des établissements de travail libre, demandant aux étudiants, sans jamais rien exiger d'eux, un nombre assez restreint d'heures de présence et laissant chacun libre de développer ses tendances, ses goûts et son originalité propres. Le futur technicien affirmera son originalité plus tard à l'usine.

L'École doit lui assurer, en un faisceau coordonné de connaissances multiples et en un emploi du temps très étudié, des cours nombreux, des séances de dessin et de travaux pratiques, des examens fréquents.

Pour l'application d'un tel régime, si différent de celui d'une Faculté et qui serait funeste à celle-ci, il faut à l'Institut technique une Direction énergique, exerçant sur le personnel enseignant comme sur les élèves une action incessante.

Le Directeur de l'Institut technique, nommé par le Ministre ou mieux par le Recteur, devra donc apporter toute son activité à la direction des études et à l'administration. Il n'est pas désirable, en principe, que ce soit un professeur de l'Université.

Le Directeur siégera au Conseil de l'Université. Il sera assisté lui-même d'un Conseil où seront représentées les assemblées locales, les industries de la région, les anciens élèves de l'Institut et le personnel enseignant.

De ce qui précède, il résulte, en toute évidence, que l'on ne saurait transformer en établissements

1. Cet article se rattache à la section A de l'enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* dont nous avons exposé le but et le programme sommaire dans notre précédente livraison (n° du 15 mars 1916, p. 138).

L'article que nous publions ci-après, de FRANK B. et L. M. GILBRETH, sur « l'étude des mouvements par la méthode chronocyclographique », sans avoir été écrit spécialement pour notre enquête, rentre cependant dans l'ordre d'idées qu'elle soulève (section B) et mérite tout spécialement d'attirer l'attention.

Nous rappelons qu'il a déjà paru, en réponse à cette enquête, dans le n° du 15 mars :

Section A (L'enseignement dans ses rapports avec l'industrie) : L'apprentissage professionnel, par M. E. BERTRAND, professeur à l'Ecole d'Arts et Métiers d'Angers :

Section B (L'organisation générale de l'industrie) : Les méthodes nouvelles de l'industrie moderne. Remplacement de la main-d'œuvre humaine par le travail mécanique, par M. DE JARNY.

2. Je dois remercier ceux de mes collègues qui ont bien voulu soumettre cet exposé à une discussion approfondie, et en particulier mon ami, M. Fabry.

d'enseignement technique certaines de nos Facultés. Le personnel actuel de ces Facultés ne saurait, dans son ensemble, s'adapter au régime de ces établissements.

La Faculté aurait déchu en tant qu'institution d'enseignement supérieur et ne serait devenue qu'une bien médiocre école technique.

Si on estime trop précaire l'existenee de telle Faculté, on peut essayer ou bien de la supprimer, ou mieux d'accroître son activité en créant auprès d'elle un Institut technique dont les élèves suivraient certains cours de cette Faculté.

Faut-il transférer aux Instituts techniques les chaires de Sciences appliquées des Facultés ?

Non ! du moins quand ces enseignements ont un caractère de généralité et quand ils trouvent dans le milieu et les ressources scientifiques de la Faculté les éléments qui leur sont indispensables.

Ces chaires sont un organe de liaison entre la Science pure et la Technique. Il ne faudrait pas que le projet de loi, né du désir de rendre plus intime l'union de la Science et de la Technique, aboutît à dresser entre elles des cloisons étanches.

D'autre part, les enseignements des chaires de sciences appliquées profitent au public et aussi aux étudiants de science pure. Ainsi, les cours et travaux pratiques de Chimie analytique dépendent le plus souvent de la chaire de Chimie appliquée, de même qu'à celle de Physique industrielle ressortissent les moteurs et les mesures électriques.

C'est enfin grâce à ces chaires et à leurs laboratoires que les Instituts techniques pourront, sans doubles emplois, trouver dans nos Facultés les enseignements et les travaux pratiques pour lesquels nous sommes vraiment qualifiés et outillés.

Dès lors que l'on maintient dans les Facultés les chaires de Science appliquée, il va sans dire qu'il en sera de même des laboratoires de recherches techniques. Tout est à faire dans l'organisation et la dotation de ces laboratoires. Mais c'est là un sujet qui mérite d'être traité séparément. Aujourd'hui, nous parlons uniquement de l'organisation de l'enseignement.

La proposition de loi de M. le sénateur Goy prévoit que les professeurs de technique ne seront nommés que pour un temps. Il ne saurait convenir, en effet, de leur donner la stabilité et l'indépendance des professeurs de Faculté. La Direction, nous l'avons dit, doit pouvoir exercer sur eux une action effective.

Ce seront, en effet, pour la plupart, non des professeurs de carrière, mais des techniciens choisis par le Directeur, délégués par le Recteur, et qui ne cesseront pas d'appartenir à l'industrie ou aux administrations techniques.

II

Les Instituts techniques devront-ils recruter leurs élèves uniquement parmi les licenciés ?

Autant vaudrait dire tout de suite qu'ils n'auront pas d'élèves, sauf, peut-être, les étudiants étrangers munis de vagues équivalences et dont l'affluence ne concourt pas toujours à maintenir le niveau moyen des études.

Or nous pensons que, dans l'œuvre de demain, il faudra, tout en ayant le souci de la prospérité numérique et financière de nos Universités, travailler avant tout pour le relèvement de nos industries nationales.

Il faut alors se bien pénétrer de ce principe que ces industries ont et auront besoin de techniciens en nombre toujours plus grand.

Or nos bacheliers ès sciences sont peu nombreux. Les meilleurs sont écrémés par l'École Polytechnique, l'École Centrale et l'enseignement ; et nous trouvons que cela est fort bien ainsi. Nous ne cherchons pas, en effet, à développer les Universités au détriment des autres écoles ; nous pensons, au contraire, que de la libre concurrence et de la diversité des méthodes naîtra le maximun de profit pour le bien public.

Quant aux bacheliers de Philosophie, ils possèdent sans doute, aux quatre règles et au système métrique près, une haute culture générale, mais qui, pour la généralité, n'est pas la formation première indispensable à de futurs ingénieurs.

Il faut donc, pour l'entrée dans les instituts techniques, que le baccalauréat ne soit ni nécessaire ni suffisant.

Nous en disons tout autant des certificats d'études supérieures et de la licence. Les certificats d'études supérieures sont adaptés à la fonction essentielle de nos Facultés et même, dans une certaine mesure, aux aspirations de quelques-uns de nos étudiants.

Mais tout autres sont les aspirations et les besoins d'un futur technicien.

Celui-ci, avant de choisir une spécialité, et ne serait-ce que pour élargir le domaine et les chances de son utilisation future et de ses débouchés, doit acquérir tout d'abord le fonds de connaissances théoriques et pratiques sans lesquelles on n'est pas un ingénieur, pas même un ingénieur chimiste.

Sans parler du dessin, de la résistance des matériaux, des éléments de machines, des constructions civiles, de l'économie politique et industrielle et de beaucoup d'autres choses

encore, et pour borner l'énumération aux enseignements que donnent nos Facultés, un ingénieur doit savoir des Mathématiques, de la Mécanique, de la Physique pure et appliquée, de la Chimie pure et appliquée, un peu d'Analyse chimique et aussi de Géologie et de Minéralogie.

Devra-t-il, pendant d'interminables années, prendre tous les certificats correspondant à ces matières, suivre par exemple le cours d'Optique supérieure ou celui de Chimie organique en cinquante leçons?

A quoi lui servirait, d'autre part, de posséder un seul de ces certificats ou même un de ces assemblages, parfois bien hétéroclites, de trois certificats que l'on appelle une licence?

Non! il faut que le futur ingénieur acquière, en deux années, les connaissances qui correspondent aux notions essentielles de Mathématiques spéciales et au programme de la première année de l'École Centrale.

A ce futur ingénieur, qui choisira plus tard, dans les deux dernières années d'école, une spécialité, il faut donc assurer d'abord un enseignement général, intensif et condensé, enseignement que nos Facultés ne donnent pas, qui n'existe nulle part en province, qu'il est urgent d'instituer avant toute autre chose, si l'on veut relever notre enseignement supérieur technique, enseignement qui sera le terme de passage, non pas du lycée vers la Faculté, mais du lycée, de l'école primaire supérieure et de l'école professionnelle vers l'Institut technique.

Il ne s'agit pas du tout dans notre pensée de créer dans les Facultés, pour en grossir artificiellement l'effectif, une sorte de nouveau P. C. N., où les Sciences naturelles seraient remplacées par des Mathématiques, mais d'organiser au sein de l'Institut technique, sous sa discipline et ses programmes strictement appliqués, un enseignement adapté rigoureusement aux besoins des futurs techniciens, enseignement pour lequel les Instituts techniques trouveront dans le personnel enseignant des Lycées et des Facultés des concours très précieux.

En résumé, tout en respectant la culture classique et l'enseignement secondaire scientifique, il faut laisser à l'Enseignement supérieur technique le soin et la liberté d'effectuer lui-même sa propre sélection, non pas certes par des concours, mais par des examens d'entrée et de passage largement ouverts, sans aucune condition de diplôme, et permettant l'entrée non seulement dans l'année préparatoire et la première année normale, mais aussi en deuxième année normale aux jeunes gens qui justifieraient de connaissances suffisantes.

Ainsi, l'Institut technique sera un établissement fermé, mais qui pourra cependant recevoir des auditeurs libres. Dès lors, les enseignements susceptibles d'intéresser le public devront, autant que possible et ne serait-ce que pour éviter les doubles emplois, être conservés à la Faculté.

La conception d'un Institut autonome, indépendant de la Faculté et envoyant cependant ses élèves suivre certains cours de la Faculté, n'a rien de chimérique. C'est le régime même de l'École d'Ingénieurs de Marseille, établissement libre, logé dans nos bâtiments et nous versant en retour une subvention, dont les élèves, immatriculés d'office à la Faculté, suivent certains de nos enseignements et travaux pratiques, en même temps qu'ils trouvent à leur École les cours de technique et même certains enseignements de science générale plus spécialement adaptés à leurs programmes.

En résumé, nous préconisons la création, dans l'Université et non dans la Faculté, d'un Institut d'Enseignement supérieur technique, Institut autonome, ayant ses enseignements propres, mais utilisant aussi, et dans la mesure qui lui conviendra, les enseignements existant déjà à la Faculté ou ceux que l'Université pourra y organiser après entente entre l'Institut technique et la Faculté.

Nous préconisons la création d'un Institut technique unique et non d'Instituts distincts pour les diverses spécialités, parce que, convaincus par expérience que la Faculté elle-même est déjà, au sein de l'Université, un trop petit organisme, nous voudrions que l'Institut technique fût une unité la plus puissante possible.

Ceci n'empêcherait pas d'ailleurs d'organiser, au sein de l'Institut unique, des sections spéciales auxquelles on laisserait un degré de liberté et d'autonomie relatives dont l'appréciation resterait une question d'espèce. On rétablirait ainsi le juste milieu entre la spécialisation outrancière de nos Écoles pratiques universitaires et l'absence regrettable de spécialités dans les Écoles d'ingénieurs.

Mais je prévois une objection. Que deviendront les Instituts déjà créés par les Facultés? Ces Instituts, qui sont l'honneur et la gloire de la Faculté, vont-ils lui être enlevés par ce nouveau venu que sera l'Institut supérieur technique?

A ceci, je pourrais répondre tout d'abord que, fonctionnaire de l'État, je dois me préoccuper uniquement de ce que je crois être le bien de l'État, que celui-ci a d'ailleurs le droit de disposer de toute institution créée, somme toute, par ses fonctionnaires et avec l'argent des contribuables.

Mais il n'est pas nécessaire de se montrer si intransigeant.

Les Instituts spéciaux créés par les Facultés sont d'abord des organes de recherches techniques, et comme tels ils resteront rattachés à la Faculté. Peut-être même se développeront-ils mieux dans le sens de la recherche technique le jour où ils se trouveront ramenés à leur raison d'être primordiale.

Ces Instituts possèdent, en outre, des laboratoires spécialement agencés et ouverts à toute personnes qui, justifiant de connaissances suffisantes, désire acquérir la pratique de telle technique spéciale ou poursuivre des recherches.

Enfin ces Instituts sont en même temps des Écoles pratiques qui, restant rattachées à la Faculté, en tant que laboratoires d'enseignement, seraient fréquentées par les élèves de l'Institut technique, du moins par ceux des sections spéciales de cet Institut.

La charge administrative et les responsabilités du Professeur de Faculté se trouveraient ainsi singulièrement allégées au bénéfice de son travail personnel.

III

Il nous reste à parler du projet de création d'un Doctorat ès sciences appliquées.

Un docteur est, en principe, un homme maître de son art et qui affirme cette maîtrise en un travail personnel.

Un chimiste ou un physicien, dans nos laboratoires, peuvent atteindre à cette maîtrise qu'un ingénieur n'acquerra qu'à l'usine.

Bien rares seront les ingénieurs qui, après un stage dans l'industrie, rapporteront à la Faculté leurs découvertes personnelles. Ils en trouveront un emploi plus discret et plus profitable.

Quant aux travaux de pure technique, qu'il ne faut pas confondre avec les recherches de science pure intéressant l'industrie, quant aux travaux, dis-je, de technique pure accomplis à la Faculté, sans le concours des industriels intéressés, car alors ceux-ci demanderaient le secret, je ne crois pas qu'ils aient jamais, sauf de très rares exceptions, une réelle valeur pratique.

Un chef d'industrie appréciera donc tout autant une thèse de science pure, de Chimie par exemple. Il saura qu'il a devant lui un docteur ès sciences, c'est-à-dire un homme d'un savoir élevé, dont il lui restera à éprouver le sens et les qualités pratiques. Si ce docteur ès sciences échoue dans l'industrie, du moins pourra-t-il revenir à la science pure et n'aura-t-il perdu ni son temps, ni ses efforts.

D'ailleurs, tout travail original de science appliquée peut être présenté comme thèse de doctorat devant une Faculté; il se trouvera toujours un professeur capable, après enquête, de le juger.

Dès lors, la création d'un doctorat de sciences appliquées risquerait de déprécier notre doctorat ès sciences sans aucun profit pour le nouveau diplôme.

Il ne faut pas chercher à établir une hiérarchie ou une commune mesure entre les diplômes techniques et les grades universitaires. Ce sont choses fort différentes.

Les grades ont un prestige traditionnel, les diplômes techniques ont une valeur d'usage dépendant des conditions dans lesquelles ils sont décernés, de telle sorte que le diplôme délivré par telle école est, pour un chef d'industrie, comme une marque de fabrique.

Enfin, et il faut y insister, en France (car il ne s'agira plus désormais, du moins nous l'espérons, d'imiter les Allemands servilement et en tout), en France, un docteur ès sciences est un savant; un technicien s'appelle un ingénieur.

Certains techniciens, qui sont en même temps des savants, joignent au titre d'ingénieur le grade de docteur ès sciences.

Pourquoi vouloir confondre sous une même appellation deux qualités bien distinctes?

IV

Les trop longues considérations qui précèdent peuvent se résumer en quelques lignes.

La Science pure et l'Enseignement scientifique pur d'une part, la Technique et la Formation des techniciens d'autre part, sont choses absolument distinctes. Ce serait folie que de vouloir les couler dans un même moule et par les mêmes procédés. Mais ces choses distinctes doivent vivre en connexion étroite et en union intime.

Voilà pourquoi l'Institut technique doit être distinct de la Faculté, mais vivre avec elle sous le toit universitaire.

Le Directeur de l'Institut technique sera un technicien, un Ingénieur, qui inspirera aux futurs techniciens la confiance qu'inspire aux apprentis celui-là seulement qui est du « bâtiment ».

Mais ce sera un technicien à l'esprit suffisamment large et cultivé pour apprécier et utiliser en les coordonnant les ressources énormes et insoupçonnées que peut apporter à un Institut d'enseignement technique la moindre de nos Facultés des Sciences.

Paul Rivals,
Professeur de Chimie industrielle
à la Faculté des Sciences de Marseille.

L'ÉTUDE DES MOUVEMENTS PAR LA MÉTHODE CHRONOCYCLOGRAPHIQUE

Quelque prodigieuses que soient, pour le monde entier, les pertes financières causées par la guerre actuelle, elles ne sont rien en comparaison de l'appauvrissement en vies humaines. C'est une perte qui ne sera pas ressentie seulement par cette génération, mais encore par plusieurs générations à venir. C'est donc un problème mondial, qui réclame l'attention de tous, que de conserver et d'utiliser l'élément humain par tous les moyens possibles.

Ce problème a deux aspects. Le premier est l'utilisation de ceux qui ont été directement affectés par la guerre, soit qu'ils aient été mutilés ou rendus impotents à la suite de quelque blessure, soit qu'ils se trouvent forcés de devenir des membres productifs de la communauté à la suite de la perte ou des infirmités des soutiens de la famille. Le second est l'utilisation plus effective de tous les autres membres de la communauté, dans le but de compenser, autant que faire se peut, la perte de pouvoir productif des individus tués ou diminués par la guerre dans leur rendement.

La nécessité de l'économie dans la dépense de l'effort humain n'est pas nouvelle. Même aux jours des Pharaons, on comprenait déjà la valeur de la moindre parcelle d'énergie du travailleur, comme le montrent les anciennes sculptures et les autres témoignages de leur pratique industrielle. A cette époque, malheureusement, on n'appréciait guère ou pas du tout le côté humanitaire, le besoin de ménager le travailleur pour son propre bonheur ou pour le bien futur de la race ou du pays. La règle était d'extraire de l'ouvrier tout ce qu'il pouvait donner dans le moindre temps, sans considérer si l'on réduisait ainsi la durée de sa vie. Avec le temps, on a reconnu peu à peu l'avantage considérable, non seulement pour les individus, mais aussi pour la société, de prolonger l'existence du travailleur et d'augmenter le nombre de minutes heureuses dont il peut jouir. En même temps que se répandait et s'accroissait le mouvement pour la conservation des choses matérielles, forêts, mines et autres ressources naturelles, et l'utilisation des sources d'énergie comme les forces hydrauliques, on a apprécié davantage la conservation de l'élément humain. Le développement de la science de l'organisation et l'importance accordée à l'étude des mouvements et de la fatigue ont mis en lumière les méthodes qui pourraient être employées pour effectuer cette conservation. Aujourd'hui, sous la pression de la nécessité, on sent que la pratique de cette conservation doit être inaugurée immédiatement et maintenue d'une façon permanente, tout au moins pendant quelques générations, si le monde désire récupérer les pertes prodigieuses et presque incalculables de la guerre.

L'*économie* est devenue la consigne du jour, et c'est un excellent mot d'ordre ; mais la pratique d'une économie *non étudiée* pourrait conduire à de sérieuses perturbations économiques. Le premier pas de l'économie rationnelle consiste à rechercher la relation entre l'économie et la suppression du gaspillage. Il faut arriver à éliminer tout ce qui est inutile et à employer à la capacité maximum tout ce qui est utile. Pour cela, il est nécessaire : 1° de déterminer ce qui est inutile et ce qui est utile ; 2° de déterminer la méthode la plus efficace d'emploi de ce qui est utile. Autrement dit, il faut appliquer des mesures exactes aux diverses activités. Le problème est complexe, car, à côté de l'activité déployée et du travail accompli, il faut faire entrer en ligne la fatigue accumulée par l'ouvrier pendant son travail, et sur ce sujet on sait encore peu de choses.

La tâche de trouver et d'appliquer les méthodes de mesure du travail et de la fatigue incombe en tout premier lieu à l'ingénieur. Son éducation lui a montré l'importance des mesures, et ses travaux l'ont rendu habile dans l'emploi des appareils de mesure. Mais il devra s'assurer le concours de l'éducateur, du psychologue, du physiologiste et de l'économiste pour obtenir des données complètes et interpréter parfaitement ses résultats. L'objet de cet article est d'indiquer brièvement les expériences que nous avons faites dans ce domaine.

I

Les méthodes que nous avons employées pour l'étude des mouvements de l'ouvrier peuvent se diviser en trois parties :

1° Étude des variables de l'ouvrier ;

2° Étude des variables de l'entourage, de l'équipement et des outils ;

3° Étude des variables du mouvement lui-même [1].

1. Voir « Motion Study », chez D. van Nostrand, New-York

Il est possible de faire des enregistrements très satisfaisants des ouvriers et de leur entourage, équipement et outils, au moyen d'une simple chambre photographique. On y ajoute la description détaillée des meilleures méthodes de travail observées, ou des diagrammes montrant la position relative des pieds de l'ouvrier et celle de l'équipement de travail. Grâce à des données de ce genre, des gaspillages évidents d'énergie humaine sont devenus aussitôt apparents, et l'on a pu inventer des dispositifs variés qui diminuent l'effort nécessaire ou éliminent la fatigue inutile[1]. Ces inventions, et la comparaison des mouvements qui en découlent avec les mouvements exécutés antérieurement, font ressortir immédiatement l'importance d'une étude des éléments des mouvements eux-mêmes.

Notre entrée en relations avec F. W. Taylor et sa découverte mémorable de la nécessité d'enregistrer les temps unités nous ont convaincus de l'utilité d'ajouter l'étude du temps à celle du mouvement. Comment enregistrer dans le temps les mouvements de l'ouvrier ? Nous avons finalement recouru au cinématographe comme au dispositif le plus exact. L'invention d'un microchronomètre spécial, qui donne le temps jusqu'au millionième d'heure, nous a permis l'enregistrement simultané de ses indications et des positions de l'ouvrier au travail. Les premiers résultats, quoique peu satisfaisants sous certains rapports, ont démontré la praticabilité et l'utilité des méthodes employées.

Des perfectionnements variés y furent apportés peu à peu. Une horloge ordinaire exacte fut placée à côté du microchronomètre pour servir de contrôle à une inexactitude éventuelle, et pour indiquer sur le film l'heure du jour où l'étude a été faite. Des indications de la température et de l'humidité ont été également introduites sur la photographie. Des signes, indiquant le lieu de l'expérience, le nom de l'investigateur et la date, sont placés pendant un instant dans le champ, et deviennent partie intégrante et permanente du film. Le cadran originairement blanc, avec marques noires, a été remplacé par un cadran noir avec divisions et aiguilles blanches qui laissent une impression claire et forte sur la photographie et enregistrent le temps écoulé pour chaque exposition. Le travailleur et l'instrument horaire ont été placés au-devant d'un fond quadrillé, qui permet de localiser plus exactement les mouvements.

La valeur ultime de ces enregistrements, dits « micromotion records », a dépassé de beaucoup ce que nous avions espéré à l'origine. Ces enregistrements non seulement sont utiles pour établir des méthodes perfectionnées de travail, dignes de servir de types, mais encore constituent les plus admirables moyens d'enseignement. Les films négatifs ont d'abord été employés dans le premier but, puis ces mêmes films, ou des films positifs qui parlent mieux à ceux qui ne sont pas entraînés à l'observation des films, ont été projetés sur l'écran et ont servi de sujets de discussion dans des réunions de directeurs et d'administrateurs, ou de démonstration des meilleures méthodes pour ceux qui apprennent un métier.

En appliquant les enseignements qui découlent de ces films, on a réalisé immédiatement de larges économies dans la pratique industrielle. Voici un exemple typique : là où 18 à 20 machines à tisser étaient réunies dans un atelier avant l'application des méthodes d'étude du mouvement, 66 ont pu être réunies après que les résultats de cette étude ont été incorporés dans la pratique de l'atelier. Les économies réalisées ont été le résultat direct de l'étude des mouvements, combinée avec le meilleur placement des ouvriers au travail et avec l'amélioration de l'entourage, de l'équipement et des outils employés.

II

Si le but de l'obtention de types de mouvements avait été simplement de fournir des instructions ou des données de temps à ceux qui sont déjà habiles dans la pratique de leur métier, il est probable que les enregistrements de micromouvements auraient répondu à tous les desiderata. Mais, quelque importance qu'il y ait à ce que ceux qui savent déjà exécuter le travail apprennent à le faire de la meilleure façon, il est encore plus important, au point de vue de l'économie, que celui qui fait son apprentissage apprenne immédiatement la meilleure manière de travailler. De ce point de vue, les enregistrements précédents ne fournissent pas toute satisfaction, en ce qu'ils ne permettent pas aux travailleurs de visualiser facilement le trajet des mouvements.

L'ingénieur, qui devient par son éducation et les nécessités de son travail un bon visualiseur, alors même qu'il ne l'était pas par nature, ne réalise pas toujours la faible capacité de visualisation que possède un individu moyen. Une longue expérience dans l'enseignement de la pratique industrielle nous a convaincus de ce fait et nous a conduits à l'invention de la méthode d'enregistrement cyclographique, et plus tard chronocyclographique, pour aider le travailleur

1. Voir « Bricklaying system », chez Myron C. Clark Co, Chicago.

« non visualisant » à saisir facilement l'économie des mouvements.

Le dispositif employé pour enregistrer le trajet du mouvement consiste en une petite lampe électrique attachée à l'index (ou à toute autre partie en mouvement du corps) de l'ouvrier. Le travailleur exécute l'opération à étudier et le trajet suivi par sa main est marqué par une ligne lumineuse. Une plaque ou pellicule photographique ordinaire est exposée pendant la durée de l'opération, et elle enregistre le trajet du mouvement décrit par la lampe sous forme d'une ligne blanche, pareille à un fil. Un stéréoscope permet de voir cette ligne en relief. Cette ligne est appelée un *cyclographe*, car nous avons reconnu qu'un cycle est l'unité de mouvement à enregistrer la plus satisfaisante, et la méthode est désignée sous le terme de *méthode cyclographique d'étude du mouvement*.

Une étude des cyclographes a montré la nécessité d'une indication de temps, car, tandis que le trajet des mouvements est apparent, leur durée n'est pas indiquée sur le cyclographe simple. Or, l'élément temps a une grande importance, non seulement au point de vue comparatif ou relatif, mais aussi au point de vue de la durée exacte de l'opération. L'élément temps peut être introduit en plaçant un interrupteur dans le circuit du courant, qui transforme la ligne blanche du cyclographe en une série de points et de traits. Le cyclographe devient ainsi un *chronocyclographe*. On obtient le temps exact en employant comme interrupteur un diapason vibrant un nombre connu de fois par seconde. L'enregistrement devient alors une série de points périodiques, et la méthode est maintenant la *méthode chronocyclographique*. Le nombre de points indique le temps et la distance entre les points montre la vitesse.

Un progrès ultérieur a consisté à enregistrer la *direction* du mouvement. On y arrive en utilisant une combinaison convenable de volts, d'ampères et de filament, de façon à obtenir un allumage rapide et une extinction lente de la lampe. Il en résulte que les taches lumineuses sont obtuses vers l'extrémité arrière et en pointe vers leurs extrémités avant. Les points eux-mêmes, comme des têtes de flèche, montrent la direction. La ligne blanche originale du cyclographe est maintenant remplacée par une série de taches en forme de pointes de flèche qui, pour ceux qui comprennent la méthode, fournissent des renseignements complets sur le trajet dans les trois dimensions, le temps relatif et le temps exact, la vitesse relative et les directions des mouvements enregistrés.

La pratique intensive de l'appareil a permis d'introduire des taches de temps et de vitesse différenciées, et ainsi de distinguer divers trajets de mouvement dans le même stéréographe. On y arrive en attachant le nombre voulu de lampes aux différents membres en mouvement du corps de l'ouvrier, et l'on obtient ainsi des enregistrements chronocyclographiques synchrones qui sont exacts, tout en différant assez de forme les uns des autres pour qu'il soit possible de les distinguer et de suivre facilement le trajet continu de chaque lumière.

Le dernier stade du développement de cette méthode a été de réduire le coût de l'appareil. Ainsi on peut employer des types plus économiques d'interrupteurs que le diapason, choisi à l'origine pour les essais extrêmement exacts du laboratoire psychologique. Il est bien entendu que, pour les recherches chirurgicales ou analogues, les études des laboratoires psychologiques, et dans d'autres domaines scientifiques, l'appareil le plus cher et le plus perfectionné est de rigueur; mais il est possible, là où la dépense entre en ligne de compte, et dans beaucoup d'applications industrielles, de prendre des enregistrements assez exacts avec des appareils à la portée du plus grand nombre.

L'étude des données chronocyclographiques nous a conduits à l'invention de l'*écran pénétrant*, qui rend plus facile la visualisation et la mesure des éléments du cycle étudié. Il était nécessaire de visualiser simultanément le temps et l'espace occupé par le mouvement. Comme c'est souvent le cas, l'invention était entravée par une idée, celle que « deux objets ne peuvent pas occuper le même espace en même temps ». Nous avons mis des années à comprendre que, si c'est généralement le cas, une photographie peut cependant montrer deux objets occupant l'espace en même temps.

La méthode d'exposition multiple permet de placer un écran quadrillé en un ou des endroits quelconques de la photographie. Un écran peut être posé dans le plan où l'ouvrier travaille principalement, ou en avant, ou en arrière. Le travailleur peut être enfermé dans une boîte à 3, 4, 5 ou 6 côtés. L'écran peut être disposé sous un angle quelconque. En résumé, un écran quadrillé de dimensions connues peut être introduit à une place quelconque où il permettra d'obtenir un enregistrement plus exact du mouvement.

On arrive à ce résultat de la façon la plus simple et la plus économique. On prend une feuille de papier noir de la dimension de l'espace à photographier, et on la recouvre d'un quadrillage de lignes blanches à la distance voulue. Puis on

photographie cet écran à l'endroit ou aux endroits désirés, en exposant la pellicule chaque fois que l'écran est à une place différente bien déterminée. Il est nécessaire que la durée d'exposition de l'écran soit exacte, sans quoi il serait difficile de retrouver l'écran sur la pellicule, ou bien il serait si accusé qu'il pourrait masquer une partie de l'enregistrement des mouvements. La photographie de l'écran ayant été bien prise, on expose à nouveau la pellicule impressionnée et l'on photographie le travail à étudier. L'épreuve résultante donne le trajet du mouvement dans un plan quadrillé divisé en autant d'éléments d'espace qu'on le désire. L'écran pénétrant fournit maintenant le dernier moyen qui manquait pour mesurer et enregistrer la distance exacte des mouvements. Celle-ci, en combinaison avec les données précédentes, donne alors les vitesses exactes.

III

Pour quelques types d'activité, comme la manipulation d'une perceuse, une épreuve prise dans une seule direction a suffi, et son étude approfondie a permis de doubler le rendement de la machine sans augmenter la fatigue de l'ouvrier. Pour d'autres opérations, comme le pliage des tissus, il a été désirable de prendre des chronocyclographes de divers points simultanément, en plaçant l'appareil devant l'ouvrier, à droite, à gauche et aussi au-dessus. Cette nécessité se fait sentir encore davantage dans le cas des opérations chirurgicales, où il est impossible, à cause des conditions opératoires, de prendre les photographies de la manière habituelle. Le téléphote s'est montré ici d'un grand secours en permettant de prendre les vues de loin sans troubler les conditions opératoires, ni ajouter une nouvelle variable par la présence d'un observateur qui pourrait affecter les méthodes employées.

La nécessité de voir le mouvement sous différents angles a conduit à l'invention des *modèles de mouvement*. Ceux-ci consistent en fils rigides qui représentent exactement la trajectoire, la vitesse et la direction du mouvement étudié. On prend autant d'enregistrements cyclographiques du mouvement pris sous différents angles qu'il est utile et on introduit l'écran quadrillé aux endroits où la direction du mouvement change d'une façon marquée. Ces cyclographes, qui sont toujours des stéréochronocyclographes, sont étudiés au moyen d'un stéréoscope. On prépare les modèles de mouvement en regardant la trajectoire dans le stéréoscope et en pliant le fil de façon à se conformer à cette trajectoire. Le modèle en fil, une fois terminé, est placé dans une boîte noire quadrillée en blanc, le quadrillage étant placé aux mêmes positions relatives que l'écran quadrillé dans l'opération originale.

Si la photographie du modèle prise sous le même angle que la photographie originale est identique à cette dernière, le modèle est un succès. Chaque subdivision d'un chronocyclographe a son importance ; il faut donc que le modèle arrive à cet état de perfection pour être considéré comme complet. Lorsqu'on désire un modèle de mouvement chronocyclographique, les points du chronocyclographe sont représentés par des points peints sur le modèle. En employant une peinture noire et une peinture grise sur le modèle en fil peint en blanc à l'origine, on obtient des taches blanches qui passent par le gris au noir et dont la forme ressemble étroitement aux taches blanches qu'on voit dans le chronocyclographe.

Il est à peine besoin de rehausser la valeur éducative de ces modèles de mouvement. Ils permettent non seulement de visualiser la trajectoire immatérielle et intangible du mouvement, mais encore d'enseigner les mouvements par l'œil ou par le toucher, en faisant ainsi appel à la vision, au toucher et aux sensations kinesthésiques. Il est même possible d'utiliser l'oreille à l'enseignement. Au moyen d'un dispositif consistant en un pendule, une sonnerie et une lampe à éclats, on peut enregistrer un son simultanément avec le mouvement et le temps. En faisant fonctionner le même dispositif pendant la leçon, l'élève peut compter en écoutant la sonnerie, en même temps qu'il apprend en se servant de ses yeux et de ses doigts au moyen du modèle de mouvement.

L'importance de tous ces dispositifs pour la psychologie et l'enseignement ne peut être pleinement appréciée qu'après un examen approfondi des modèles et des cyclographes eux-mêmes et l'observation de leurs méthodes d'enregistrement.

Mais le modèle de mouvement possède une importance peut-être encore plus grande comme moyen de préparer, de conserver et de perfectionner des types. L'étude de la trajectoire du mouvement, soit sur le chronocyclographe, soit sur le modèle de mouvement, et la comparaison des graphes ou modèles représentant les trajectoires de différents ouvriers accomplissant le même travail, fournissent la possibilité de déduire la méthode la plus efficace et d'en faire une *méthode type*. Bien plus, chaque trajectoire type de mouvement est une aide pour trouver d'autres trajectoires types. Par l'étude intensive des trajectoires de mouvement suivies dans l'accomplissement efficace de diverses sortes de

travaux, on est arrivé à reconnaître les indications d'un mouvement efficace : égalité, absence d'hésitation, accélération et ralentissement normaux réguliers, caractère machinal. La méthode la plus efficace ayant été prise comme type, le modèle de mouvement ou le cyclographe agit alors comme une incarnation définie et tangible de ce mouvement type, en permettant à chacun de le maintenir facilement. Il n'exclut nullement une amélioration, un progrès vers l'idéal. Au contraire, il les suggère en s'offrant continuellement à l'observation et à l'étude. Il fournit un point de départ bien défini pour les perfectionnements, ainsi qu'une base de mesure pour les juger.

En comparant les mouvements utilisés dans différents genres de travail, dans les industries, en chirurgie et dans d'autres branches d'activité, on constate que les mêmes mouvements identiques sont employés pour accomplir ce qu'on considère généralement comme des types de travaux très différents. On peut ainsi localiser instantanément le point où l'adresse fait défaut et transporter les méthodes efficaces d'un métier, d'un art ou d'une profession à un autre, économisant ainsi du temps et de l'énergie. Ces modèles constituent la base de notre nouvelle classification de toutes les activités suivant leurs mouvements et leurs décisions. Enfin, ces modèles et graphes forment un

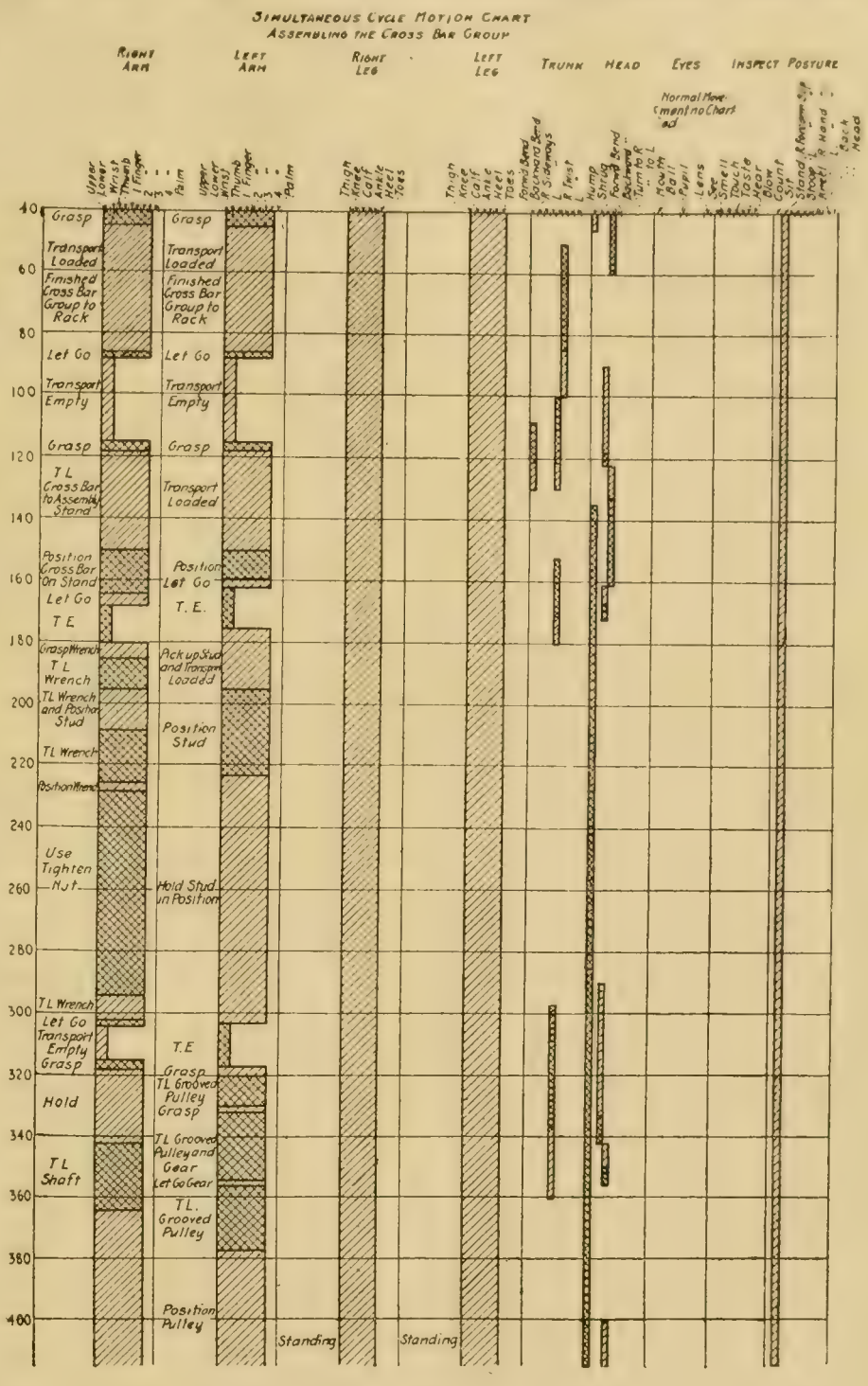


Fig. 1. — *Fragment d'un diagramme de mouvement cyclique simultané, relatif à l'assemblage d'un groupe de traverses.* — Les lignes horizontales représentent le temps en millièmes de minute. Les colonnes verticales correspondent aux diverses parties du corps : bras droit, bras gauche, jambe droite, jambe gauche, tronc, tête, yeux ; elles sont subdivisées en sous-groupes, tels que : bras, avant-bras, poignet, pouce, doigts, paume, etc... Il y a également une colonne pour la méthode d'examen : vue, odorat, toucher,... et une pour la position du corps : assis, debout, à genoux... Les parties couvertes de hachures indiquent les organes qui fonctionnent pendant les diverses opérations nécessaires pour exécuter le travail : prise, transport du groupe de traverses finies à la crémaillère, relâchement, transport à vide, prise, transport chargé des traverses à la table d'assemblage, mise en position, etc...

élément important pour le placement, car ils donnent souvent la possibilité de déterminer la capacité d'un ouvrier.

IV

Les données fournies par les dispositifs précédents peuvent être réunies sur le *diagramme de mouvement cyclique simultané*. Celui-ci décompose un cycle de mouvement dans ses parties constituantes et indique graphiquement par quel membre du corps, et par quelle méthode, chaque portion du cycle doit être exécutée. Ce diagramme (fig. 1) est tracé sur du papier quadrillé, les divers membres actifs du corps figurant comme têtes de colonnes et les 17 éléments du cycle de mouvement étant placés verticalement sur le diagramme. La comparaison du modèle de mouvement analysé avec les données du diagramme indique s'il est possible de transférer le travail d'un membre du corps à un autre et ouvre la voie à l'invention de dispositifs ou à une mise en position plus efficaces.

Depuis des années, nous utilisons dans l'industrie le diagramme de mouvement cyclique simultané dérivé des enregistrements chronocyclographiques, et nous le recommandons pour le bénéfice des soldats mutilés, dont nous nous occupons actuellement avec la collaboration d'éducateurs canadiens, anglais, français et russes. La Société américaine des Ingénieurs mécaniciens a demandé à tous les ingénieurs américains de recueillir et de lui envoyer toutes les données possibles concernant l'emploi du diagramme et des modèles de mouvement cyclique, dans le but de les utiliser à enseigner les mouvements les plus profitables aux soldats mutilés de toutes les nations actuellement en guerre.

Mais, quelque importante que soit l'œuvre pour les soldats mutilés, elle ne forme qu'une partie de l'œuvre qui s'impose. L'autre partie, celle de la conservation humaine pour combler les grandes pertes actuelles, devrait être entreprise par un corps international. Quel que soit le travail individuel ou collectif entrepris dans un seul pays pour éviter le gaspillage de forces en établissant des mouvements types, il subsistera une perte énorme si toutes les nations ne coopèrent pas à l'établissement et au maintien des types. Il n'y aurait aucune excuse pour un pays à en faire un secret et obliger les autres à réinventer ce qu'il a trouvé ou à rester loin en arrière de lui. Les besoins sont si pressants que tous les pays devront hâter l'établissement de types internationaux. Toutefois, pendant quelques années encore, il sera impossible de compter sur la coopération des nations européennes; mais dès maintenant les peuples des deux Amériques pourraient commencer le travail par l'institution d'un Bureau panaméricain de types de mouvements[1].

Frank B. et L. M. Gilbreth.

1. Traduction un peu abrégée d'une communication présentée au 2e Congrès panaméricain de Washington, le 3 janvier 1916.

L'INDOCHINE ACTUELLE

D'APRÈS L' « ATLAS STATISTIQUE » DE M. HENRI BRENIER

L'Indochine française, pays très fertile et plein de ressources naturelles, habité par une population très dense et pour la plus grande part de civilisation ancienne, est, parmi nos colonies, l'une de celles dont la France peut être le plus fière. Après une longue période de conquête et d'assimilation, en même temps que de tâtonnements pour assurer son organisation, l'Indochine est entrée depuis une vingtaine d'années dans une ère de progrès ininterrompus; elle est devenue aujourd'hui la plus florissante de nos possessions tropicales, et elle n'est encore qu'au début de son développement économique. Il n'est pas inutile de convaincre tous les Français, coloniaux ou non, de la haute valeur et de l'avenir qu'elle présente, car il a été émis à diverses époques, et aussi depuis la guerre actuelle, certaines façons de voir qui pourraient amener des hésitations regrettables dans quelques esprits. Il est d'autant plus à propos d'ailleurs de parler de l'Indochine dans cette Revue que, si elle a pu évoluer vers la prospérité dont elle jouit, elle le doit pour une large part à l'outillage scientifique dont elle a été munie, ainsi que nous le verrons, et grâce auquel la colonisation a été éclairée et guidée. L'occasion nous en est fournie par l'importante étude documentaire que vient de publier M. Henri Brenier, chef du Service des Affaires économiques au Gouvernement général, sous le titre d' « Essai d'Atlas statistique de l'Indochine

française[1] ». Dans ce travail considérable qui a exigé de nombreuses années de labeur, l'auteur a précisément voulu, par le résultat du dépouillement des chiffres officiels ayant trait à la vie administrative et économique de l'Indochine pendant une période de quinze années, montrer d'une façon exacte et précise, et par suite extrêmement probante, quelle est la situation atteinte aujourd'hui par notre grande colonie, et cette œuvre, savamment conçue et présentée, fait apparaître les services que la science a rendus à la colonie.

Avec M. Henri Brenier, une étude de ce genre ne pouvait manquer d'avoir un caractère scientifique et ne devait pas se borner à une série de tableaux de statistique. Ancien membre, puis chef de la grande Mission Lyonnaise envoyée en Chine en 1895, à la tête de laquelle il avait succédé au consul Rocher, il avait fait preuve de hautes qualités au cours de cette exploration de plusieurs années, dont les résultats, très importants au point de vue commercial, ne l'avaient pas été moins au point de vue géographique[2]. La Mission avait parcouru nos colonies et pays de protectorat de l'Indochine, visité le Siam et la Birmanie et entrepris une étude approfondie des grandes provinces de la Chine du sud, voisines du Tonkin. M. Brenier avait lui-même levé à la boussole euviron 3.000 kilomètres entièrement nouveaux et il avait largement participé aux observations scientifiques et aux découvertes géographiques de la Mission. De ce jour, il n'a pas cessé d'étudier l'Indochine et c'est avec une profonde connaissance de la colonie, de ses ressources, de ses besoins, de ses rapports commerciaux avec le reste de l'Extrême-Orient, qu'il a pu entreprendre son *Essai d'Atlas statistique*[3].

En tête de son ouvrage, dans une Introduction, M. Brenier a placé des notions scientifiques sur l'Indochine physique et la population, qui en étaient le préambule nécessaire. On ne saurait en effet connaître et apprécier la valeur productive d'un pays si l'on n'a pas au préalable une connaissance précise du sol et de l'habitant.

Puis, le fond même de son sujet a été présenté par l'auteur en deux parties principales, l'Indochine administrative et l'Indochine économique, ce qui lui a permis de mettre en lumière la part prise par notre administration dans les progrès réalisés, puis celle devant être attribuée à nos commerçants et à nos colons et industriels, et par là de bien faire voir que le magnifique essor de la colonie a été une œuvre essentiellement française.

C'est dans son exposé de l'Indochine administrative que M. Brenier a été à même de faire ressortir le rôle rempli par les organismes scientifiques dans la colonie, lorsqu'il a étudié, dans un fascicule spécial, les services techniques. Dans sa 2e partie, l'Indochine économique, il donne des détails très complets sur toutes les productions naturelles, sur leur mise en valeur par la colonisation, sur l'outillage économique, sur le commerce.

Enfin, dans une conclusion, il montre quelle est la place actuelle de l'Indochine dans le commerce métropolitain et celle, plus large encore, qu'il lui serait possible d'occuper; il fait un tableau de la situation commerciale de l'Indochine dans son propre milieu, l'Extrême-Orient; enfin, comparant l'Indochine avec les autres colonies françaises, il en met en relief la prépondérance si remarquable qui trouve sa raison d'être dans les caractères divers de la colonie asiatique, retracés avec tant de soin par l'auteur.

L'*Essai d'Atlas statistique* de M. Brenier n'est pas sans rappeler, à beaucoup d'égards, une œuvre de haute valeur géographique, que nous avons eu occasion d'analyser ici, l'*Atlas de Finlande*[1]. Bien que celui-ci se présente avec un caractère plus géographique, les deux travaux n'en ont pas moins une portée semblable. Embrassant tout à la fois la géographie physique et la géographie humaine que l'on ne saurait séparer, l'ouvrage publié par la Société de Géographie de Finlande donne aussi, après des études

1. Gouvernement général de l'Indochine. *Essai d'Atlas statistique de l'Indochine française. Indochine physique, population, administration, finances, agriculture, commerce, industrie* (88 graphiques, 38 cartes), par HENRI BRENIER, chef du Service des Affaires économiques au Gouvernement général, ancien directeur de la Mission Lyonnaise d'exploration commerciale en Chine (Hanoï-Haiphong, Imprimerie d'Extrême-Orient, 1914).

2. Chambre de Commerce de Lyon. *La Mission lyonnaise d'exploration commerciale en Chine* (1895-1897). Lyon, 1898, XXXVI-386 et 473 p., cartes, plans et grav. — F. MACHAT : Les résultats de la Mission lyonnaise en Chine. *Revue gén. des Sciences*, t. VIII, p. 1.000; 1897.

3. M. Henri Brenier a beaucoup écrit sur l'Indochine. Comme ouvrages généraux, destinés à répandre la connaissance de la colonie, il a successivement publié, en collaboration avec M. H. Russier, deux géographies de l'Indochine, l'une élémentaire, l'autre plus détaillée, très documentées toutes les deux et très utiles à consulter à raison des nombreuses données de tout ordre qu'elles renferment : HENRI RUSSIER et HENRI BRENIER : *Géographie élémentaire de l'Indochine*, Hanoï-Haïphong, Impr. d'Extrême-Orient, 1909, VII-129 p. ; et traduction annamite, par DÔ-THAN, *ibid.*, in-16, XI-269 p. (C'est d'ailleurs en vue de cette édition annamite que le livre a été écrit). — Des mêmes auteurs : L'*Indochine française*. Paris, Armand Colin, 1911, in-12, 357 p., 3 fig. diagr., 53 fig. phot., 4 pl. cartes. — Rappelons aussi que M. Brenier a fait, le 23 avril 1915, à la Société de Géographie, une conférence sur « l'Œuvre française en Indochine » (*La Géographie*, juillet 1915, p. 329-332).

1. *Revue générale des Sciences*, 30 juillet 1914, p. 669.

de géographie physique très étendues, une description très détaillée de la population et de la civilisation du pays, ce qui comprend son organisation administrative et sa vie économique. Ce sont justement là les matières que M. Brenier, après des notions géographiques moins développées, a spécialement traitées dans son ouvrage, de sorte que les deux atlas aboutissent à nous donner un tableau précis des progrès et de la richesse des pays qu'ils concernent. Les procédés employés pour rendre plus saisissantes les données de la statistique sont les mêmes : ce sont des graphiques noirs ou en couleurs, isolés ou reportés sur des cartes. Certes, l'*Atlas de Finlande* est de beaucoup plus considérable comme cartes et planches, ainsi que par l'étendue du texte qui l'accompagne, et il est dû à la collaboration de nombreux auteurs ; mais il faut reconnaître que M. Brenier a entrepris à lui seul une publication analogue déjà très importante et pour laquelle il a seulement fait appel au dévoué concours des chefs de service de la colonie. Il a su, à force de travail, mener à bonne fin cette œuvre si utile, la première de ce genre consacrée à l'Indochine, et, si elle est susceptible d'amélioration et d'extension, il aura eu le très grand mérite d'en avoir posé le premier les fondements avec autant de science que de méthode. Lui-même pourra d'ailleurs, après une période de temps, la reprendre, la compléter et la mettre à jour.

***

L'objet essentiel du travail de M. Brenier sur l'Indochine étant de montrer sa vie économique, c'est avec raison qu'il a donné la première place, parmi les notions scientifiques sur lesquelles il devait appuyer ses raisonnements, à la question du relief de la péninsule ; il est très exact de dire que la climatologie, l'ethnographie, l'histoire, l'administration, l'agriculture, les possibilités naturelles de communication et, par suite, le développement économique s'y rattachent et en dépendent. Une très bonne carte, à l'établissement de laquelle a collaboré, comme officier, l'éditeur de l'Atlas, M. de Chabert, rend d'une façon très saisissante le figuré hypsométrique de l'Indochine. On y voit combien toute la partie française de la péninsule, à part les deltas du Mékong et du fleuve Rouge, est accidentée, surtout vers le nord ; c'est que les hauteurs, dépassant souvent 2.000 mètres, qui sillonnent l'Indochine, sont les dernières ramifications des grandes montagnes de l'Asie centrale. Puis, tandis que sur la rive droite du Mékong le Siam apparaît comme un vaste bassin, entre la rive gauche du fleuve et le littoral s'étend la longue bande de sommets qui constitue ce qu'on a appelé la Cordillère annamitique ; c'est un véritable chapelet de cimes bien plus qu'une chaîne continue, car elle est coupée de nombreux cols qui sont autant de passages permettant de la franchir et de se rendre du bassin du Mékong et du Laos jusqu'à la côte. On sait que depuis longtemps déjà les explorateurs ont recherché quel serait le meilleur itinéraire à adopter pour créer une route ou un chemin de fer à travers la chaîne annamitique [1]. Quatre coupes schématiques prises à travers l'Indochine, de l'est à l'ouest, complètent cette carte hypsométrique. On peut voir, en les comparant, combien le relief de l'Indochine s'élève quand on se porte vers le nord ; c'est dans le Tonkin, aux confins de la Chine, qu'est le point culminant, le Fan-Si-Pan, haut de 3.145 mètres.

Aux notions de géographie physique concernant l'hypsométrie, M. Brenier rattache en premier lieu l'étude du climat. Il fait observer à cet égard que, pour pouvoir tenir compte des divers facteurs qui le constituent, des données absolument précises et portant sur un nombre suffisant d'années et de stations, font défaut. Des observations ont bien été faites depuis très longtemps déjà, dans certains hôpitaux, comme à Saïgon et à Hanoï, mais elles ont trait surtout à la pluviométrie et à la température. C'est sur ces deux points d'ailleurs que M. Brenier concentre les indications portées sur son Atlas, mais il ne néglige pas de signaler aussi certaines caractéristiques essentielles auxquelles le climat de l'Indochine est soumis, comme le régime des moussons qui amène des saisons bien tranchées, comme les typhons, ces vents violents dont un carton de la carte n° II nous montre le sens des trajectoires aux divers mois de l'année.

Mais, tout en constatant une insuffisance de documentation relative au climat, M. Brenier se trouve amené à faire une première mention des créations scientifiques dont l'Indochine a été dotée et qui pareront pour l'avenir aux lacunes précédentes. Un Service météorologique fut créé, aussi utile pour la marine et le commerce que pour l'agriculture et la santé publique. Dès 1897, quelques stations météorologiques furent établies ; en 1901, il y en avait 45, où pouvaient être faites des observations très variées [2].

1. Nous citerons, parmi les dernières études parues sur ce sujet, Capitaine L. BUTAULT : Comment débloquer le Laos (*Revue Indochinoise*, XVIe année, n° 10, octobre 1913).

2. G. LESPAGNOL : L'outillage scientifique de l'Indochine d'après le rapport de M. Paul Doumer (*Annales de Géographie*, XIe année, 1902, p. 366). — Voir aussi : La météorologie dans l'Indochine française (*Ann. de Géogr.*, XI, 1900, p. 178).

L'Observatoire central de l'Indochine, fondé par le gouverneur général Doumer à Phu-lien, près de Haiphong, et qui a été inauguré en 1902, était le complément nécessaire de ce service. M. Brenier signale l'existence de 76 stations météorologiques de divers ordres, dont 9 ont commencé leurs observations en 1912.

C'est tout à fait avec raison que M. Brenier a donné dans son Atlas une place de premier rang à la pluviométrie, car il n'est pas de facteur du climat qui exerce, particulièrement dans des pays comme l'Indochine, une influence plus marquée sur les récoltes et par suite sur la vie économique. Déjà, dans un intéressant travail, paru en 1908 [1], il avait montré combien les considérations de pluviométrie ont une importance fondamentale, dans ce pays où toutes les conditions de la production agricole sont réglées par l'alternance de la mousson humide et de la mousson sèche, leur durée respective et l'abondance des chutes d'eau. Des pluies dépend le caractère de la végétation spontanée en même temps que celui des cultures, et dans une foule de domaines l'activité humaine se restreint à la saison sèche. Les observations pluviométriques ont donc pour l'Indochine un intérêt pratique de premier ordre et de là vient l'utilité de publications comme le *Bulletin pluviométrique* que fait paraître le directeur de l'Observatoire central de l'Indochine, M. G. Le Cadet, et qui comprend des tableaux mensuels et annuels, et des cartes. De là aussi l'opportunité des instructions données par ce chef de service pour l'étude du régime pluviométrique [2].

La carte n° II et le graphique n° 1 consacrés à la question par M. Brenier permettent de se rendre compte de la distribution des pluies entre les diverses régions de l'Indochine et de leur abondance dans quelques stations caractéristiques. On se figurerait difficilement ce que sont ces pluies tropicales. C'est ainsi qu'à Hanoï, comme nous l'apprend M. Brenier, du 10 au 11 juillet 1903, il est tombé, en 21 heures, 0 m. 568 d'eau, c'est-à-dire plus qu'à Paris pendant toute l'année (la moyenne étant de 0 m. 481). Ces pluies sont d'ailleurs très irrégulières d'une année à l'autre, excepté dans la partie basse du bassin du Mékong. Dans son graphique, M. Brenier a tenu compte aussi du nombre des jours de pluie, ce qui est un facteur important.

M. Brenier aborde ensuite la question de la population, qu'il envisage sous ses deux aspects, démographie et ethnographie, et dont il a montré les relations avec la configuration même du sol. Mais, avant de donner les chiffres de la population, il indique la superficie des diverses colonies de l'Indochine, d'après les calculs faits sur sa demande par le Service géographique, à Hanoï, afin de rapprocher ces deux données. Il a le soin de signaler toutes les causes d'incertitude qui se présentent pour l'une comme pour l'autre, et c'est précisément parce que, les connaissant bien, il s'est efforcé de les atténuer, que nous tenons à enregistrer ici les chiffres auxquels il s'est arrêté, les ayant considérés comme les plus exacts. La superficie de l'Indochine est évaluée à 700.000 kilomètres carrés, dont 105.000 pour le Tonkin, 214.000 pour le Laos, 150.000 pour l'Annam, 175.000 pour le Cambodge et 56.000 pour la Cochinchine. La population totale est de 16 millions d'habitants, ainsi répartis : 6.000.000 au Tonkin, 630.000 au Laos, 5.000.000 en Annam, 1.600.000 au Cambodge, 3.000.000 en Cochinchine. La carte n° III montre la densité de la population au kilomètre carré sur les diverses parties du territoire : des schémas rendent très apparentes ces densités pour les deltas. M. Brenier nous renseigne aussi sur le mouvement de la population et sur la question de l'état civil indigène.

Quant à l'ethnographie de l'Indochine, on est loin, malgré les multiples observations faites par les explorateurs, d'avoir à son sujet des notions d'une précision suffisante. On rencontre, parmi les populations primitives qui habitent les diverses parties de notre possession, de très nombreuses tribus présentant des caractères distincts et qu'il est souvent malaisé de rattacher entre elles. Les observations anthropométriques ne sont pas en nombre suffisant pour nous éclairer et la répartition des langues n'est pas un critérium certain pour distinguer les races. Ces races, d'ailleurs, il est difficile de les déterminer, en raison des métissages séculaires qui ne permettent plus d'en retrouver avec netteté les caractères primitifs. Aussi est-il plus prudent, pour classer les populations de l'Indochine, de parler de groupes ethniques, au lieu de races, jusqu'au jour où la question aura pu être plus approfondie. M. Brenier, se plaçant à ce point de vue, ne distingue pas moins de dix groupes ethniques :

1. H. BRENIER : Répartition saisonnière des récoltes et pluviométrie en Indochine (Gouvernement général de l'Indochine. Direction de l'Agriculture, des Forêts et du Commerce, *Bulletin économique*, XIe année, n. sér., 1908, p. 573-599, avec 1 carte météorologique à 1 : 3.335.000, extraite de l'*Atlas général de l'Indochine* de CHABERT et L. GALLOIS, Hanoï, 1909). — Voir aussi JULES SION : Un calendrier économique de l'Indochine (*Annales de Géographie*, t. XVIII, 1909, p. 272-274) ; du même : Les pluies de l'Indochine (*Ibid.*, t. XXI, 1912, p. 462-464).

2. Observatoire central de l'Indochine. Service météorologique. *Instructions pour l'étude du régime pluviométrique*, par G. LE CADET [Phu-lien, 1911], in fol., 6 p., 2 fig.

Négrito, Indonésiens, Chams et Malais, Annamites et Muong, Thais, Khmers, Tibétains et Lolos, Meo ou Miao, Man ou Yao, Chinois. La carte n° IV montre avec une grande clarté la répartition territoriale de ces divers groupes ; quelques-uns se trouvent mêlés sur un même territoire. Le graphique n° 3 complète cette carte en montrant l'importance comparée des groupes ethniques et leurs proportions dans chaque pays. Ce sont les Annamites qui l'emportent de beaucoup ; leur nombre est de 12.600.000.

M. Brenier s'est appuyé, en ce qui concerne les langues, sur les conclusions données par M. Maspero, en 1911 et 1912, dans le *Bulletin de l'Ecole française d'Extrême-Orient.* Mais, si l'on connaît très bien, en tant que langues vivantes, les principales langues parlées dans la péninsule indochinoise, il n'en est pas moins vrai que les études linguistiques scientifiques ne sont encore parvenues qu'à un état peu avancé pour beaucoup de langues de l'Extrême-Orient, et même pour le chinois, ce qui fait que, de même que pour les races, on éprouve quelque peine à classer les langues, à déterminer leurs liens d'origine, à rapporter à un fonds commun les dialectes variés que parlent les nombreuses tribus répandues sur le territoire et qui contribuent à les différencier. Il est cependant certains caractères qui permettent de reconnaître deux groupes nettement distincts : les langues monosyllabiques et variotones, les langues polysyllabiques et sans intonations. C'est une division qui demeure essentielle malgré les emprunts réciproques qu'ont pu se faire entre elles des langues de l'un et de l'autre groupe. Au premier appartiennent la langue annamite et les langues thai, et M. Maspero pense, sans cependant l'affirmer d'une façon absolument formelle, que la langue annamite serait issue d'un dialecte unique parlé jadis par les tribus thai. Le second groupe est celui des langues dites mon-khmer (mon, ou pegouan, de Birmanie). Il comprend tout d'abord le cambodgien qui, abstraction faite des apports indiens, s'y rattache par son fonds populaire ; parmi ces langues rentrent encore le cham et un certain nombre de dialectes des tribus sauvages du Cambodge, du Laos et de la chaîne annamitique. Il est certaines langues, telles que celles des Miao-tse (ou Meo) et des Yao (ou Man), qui n'ont pas encore été classées.

* *

Après cette introduction, M. Brenier présente, dans la 1re partie de son ouvrage, un exposé très complet de tout ce qui concerne l'administration de l'Indochine et l'on peut dire qu'aucun point de vue n'a été négligé. Il envisage séparément chaque colonie ou territoire dépendant du gouvernement général, et grâce aux cartes et graphiques qui accompagnent son texte, il nous donne des notions très précises sur leur organisation. Nous trouvons des plans à l'échelle de 1 : 50.000e des cinq principales villes : Saïgon, Hanoï, Haïphong, Hué, Phnom-penh. Puis, viennent des développements sur la représentation des Européens et des indigènes, sur la justice, sur la défense du pays. Un fascicule suivant est relatif aux finances, budgets et services financiers.

Malgré tout l'intérêt que présente cette solide étude de l'administration de l'Indochine, qui est un des côtés de la géographie politique d'un pays et dont la connaissance devait être l'une des bases permettant à M. Brenier de montrer l'état actuel de la colonie, nous ne saurions le suivre ici dans les abondants développements qu'il a consacrés à ces questions, mais nous insisterons volontiers sur le dernier fascicule de cette première partie : les services techniques. Il s'agit bien là encore de services administratifs, mais, par leur destination et leur rôle, ils rentrent davantage dans notre cadre ; ce sont ceux qui constituent cet outillage scientifique auquel nous avons déjà fait allusion et qui a été si profitable à la colonie. Certains de ces services ont un caractère plutôt économique, mais les méthodes scientifiques dont ils ont fait emploi et les créations qui leur ont été adjointes ont grandement contribué à rendre leur action plus efficace. Dès le début de notre pénétration en Indochine, nos explorateurs avaient réuni de très nombreux documents scientifiques de tout ordre sur la péninsule et, depuis, ceux-ci n'ont fait que s'augmenter. Quand, ensuite, nous nous y sommes installés et organisés, nos gouverneurs ont pris successivement quelques mesures heureuses, mais ce fut surtout M. Paul Doumer, gouverneur général de 1897 à 1902, qui eut le mérite, soit en réformant ou en renforçant des services déjà existants, soit en en créant de nouveaux, d'apporter à l'exploitation des ressources naturelles l'aide si utile des données et des méthodes scientifiques [1]. L'heureuse impulsion donnée par M. Doumer a été continuée après lui, pour le plus grand bien de la colonie.

Comme premier service technique, M. Brenier cite le Service permanent d'Assistance médicale, institué en 1905 par le gouverneur général

1. République Française. Situation de l'Indochine (1897-1901). Rapport de M. PAUL DOUMER, gouverneur général. Hanoï, F. H. Schneider, 1902, in-8°. — Voir G. LESPAGNOL : L'outillage scientifique de l'Indochine (*Annales de Géog.*, 15 juillet 1902, p. 366-374).

M. Beau et dont l'objet est d'assurer les soins médicaux à la population européenne et indigène, d'entretenir les établissements hospitaliers, de s'occuper de la police sanitaire, des épidémies, de l'hygiène, de la santé publique ; il est entièrement distinct du Service de Santé, celui-ci exclusivement militaire. Une carte (n° XIV) et un graphique (n° 37) montrent le développement de l'assistance médicale indigène en Indochine, la nature des établissements et leur répartition sur le territoire.

Une École de Médecine de l'Indochine, fondée à Hanoï en 1905 et organisée de nouveau en 1913, forme des médecins auxiliaires indigènes ainsi que des sages-femmes. Il existe aussi une École pratique de Médecine indigène de Cochinchine, ainsi que diverses autres écoles pratiques d'infirmiers et de sages-femmes. Il n'y a pas moins, en Cochinchine seulement, de 52 petites maternités dirigées par une sage-femme indigène. On a créé un comité local d'hygiène par pays de l'Indochine et des commissions régionales. Une léproserie centrale a été fondée en 1903, en Cochinchine, dans l'île de Culao-Rong, en face de Mytho ; il en existe aussi plusieurs au Tonkin. De très nombreuses mesures sanitaires, que l'ouvrage de M. Brenier nous fait connaître, ont été prises pour la protection de la santé publique ; citons, parmi beaucoup d'autres, la création, en 1909, d'un Service de quinine d'État, qui procède à des distributions de ce remède. Des Instituts Pasteur ont été créés l'un à Nhatrang, dans le sud de l'Annam, l'autre à Saïgon ; ils sont dirigés par le Dr Yersin, dont on connaît les remarquables découvertes relatives à la peste, et aujourd'hui dépendent de l'Institut Pasteur de Paris. Le graphique n° 36 montre l'importance de leurs services antirabique et vaccinogène, en même temps que de ceux de l'Institut d'hygiène et de bactériologie d'Hanoï ; des instituts analogues sont signalés par M. Brenier comme étant en voie de formation à Hué et à Phnom-penh.

L'enseignement a reçu en Indochine un très grand développement, ainsi que le montrent les graphiques 38 et 39 et la carte n° XV. Il s'y présente sous trois formes : l'enseignement français, l'enseignement indigène traditionnel, l'enseignement franco-indigène, dont nous dirons quelques mots.

Destiné aux enfants français ou assimilés, l'enseignement français comprend des écoles primaires mixtes dans tous les postes qui peuvent le comporter, et des écoles primaires de garçons ainsi que de filles, ordinaires ou supérieures, dans les villes plus importantes. L'enseignement secondaire est représenté par le collège Paul-Bert à Hanoï, qui va prendre le titre de lycée. On peut recevoir en Indochine des certificats d'études primaires, élémentaire et supérieur, valables en France. Un projet de décret a été préparé pour instituer en Indochine l'examen de baccalauréat.

L'enseignement indigène traditionnel revêt des caractères différents selon les contrées. Dans les pays annamites, Tonkin, Annam, Cochinchine, les écoles sont confucianistes ; au Cambodge et au Laos, elles sont bouddhistes. Ce n'est que peu à peu que l'Administration française s'est immiscée dans cet enseignement. En Cochinchine, les anciennes écoles de villages ont été transformées en écoles communales publiques, dans lesquelles l'enseignement est entièrement donné en annamite. Au Tonkin, la modernisation de l'enseignement traditionnel s'est opérée par la création, due à M. le gouverneur général Beau, d'un Conseil de perfectionnement de l'enseignement indigène, en 1906, et par la réforme des concours littéraires et du recrutement des mandarins (Texte, p. 62 et 112). En Annam, la réforme s'est opérée dans le même sens, mais avec plus de lenteur. Au Cambodge et au Laos, l'enseignement, très rudimentaire, qui se donne par les bonzes dans les pagodes, a subi quelques réglementations en vue de son amélioration.

L'enseignement franco-indigène a pour caractéristique essentielle que la langue française y sert pour l'enseignement, mais les langues indigènes y sont aussi étudiées. On y distingue les écoles préparatoires, faisant transition avec les écoles indigènes, puis les écoles primaires, et les collèges situés dans les capitales.

Enfin, en ce qui concerne l'enseignement professionnel, M. Brenier estime que, s'il n'a pas encore pris le développement qui lui revient, il y a lieu de signaler la tournure pratique qui lui a été généralement donnée. Les écoles qui existent sont d'ordre très varié et préparent aux métiers, aux industries et aux arts les plus répandus dans la colonie. Un Musée agricole, commercial et industriel, a été fondé à Hanoï.

Comme complément à l'organisation de l'enseignement proprement dit, il faut mentionner une institution qui fait grand honneur à l'œuvre française en Extrême-Orient et sur laquelle M. Brenier nous donne quelques détails (p. 136) : c'est l'École Française d'Extrême-Orient, dénommée d'abord, lors de sa fondation en 1898, « Mission archéologique permanente de l'Indo-Chine ». Elle a pour objet l'étude historique, archéologique et philologique de la colonie, l'exploration et la conservation de ses monuments, les

recherches ethnographiques et linguistiques. Son *Bulletin*, dont le premier numéro date de 1901, contient des études de haute valeur et elle fait paraître, en outre, sous la rubrique de *Publications de l'École Française d'Extrême-Orient*, des ouvrages qui, déjà nombreux, fournissent pour la connaissance de l'histoire et de l'archéologie de l'Indochine une documentation importante autant qu'érudite.

Les études géographiques n'ont pas été davantage négligées en Indochine et de grands efforts ont été faits pour doter la colonie de travaux cartographiques aussi utiles pour la défense du pays que pour guider la colonisation. Dès le début de l'occupation, des levés topographiques avaient été faits par nos troupes et ces premiers travaux furent concentrés par le Bureau topographique de l'État-Major des troupes de l'Indochine. Celui-ci fut remplacé par le Service géographique de l'Indochine, fondé le 5 juillet 1899 par M. le gouverneur général Doumer, qui, pourvu d'un budget et d'un personnel suffisants, ne se borna pas à grouper des documents de valeur inégale et non coordonnés entre eux, mais fut à même d'entreprendre des travaux nouveaux conduits selon des plans d'ensemble.

La carte n° XX de l'Atlas nous montre quels sont les travaux qui ont été exécutés par le Service géographique depuis sa création jusqu'au 1er janvier 1913. Nous y voyons quels sont les levés qui ont été faits jusqu'ici à diverses échelles, au 20.000e, au 40.000e et au 80.000e, représentant ensemble une superficie totale de 168. 499 kilomètres carrés. Ce sont ces levés, dont l'exécution se continue, qui permettent l'établissement des diverses cartes entreprises.

Nous signalerons, à ce sujet, un *Catalogue des cartes et plans* [1], qui porte la date du 1er avril 1913 et qui a montré où en était à cette époque l'œuvre dont le Service géographique a la direction. Les cartes d'ensemble publiées par lui sont celles des deltas du Tonkin et du Thanh-hoa au 1/25.000e (73 feuilles et 6 demi-feuilles); de l'Annam, au 1/25.000e; du Cambodge, au 1/50.000e; puis les cartes générales de l'Indochine. Celles-ci comprennent : les cartes au 1/100.000e (244 feuilles) et 1/200.000e, en cours de publication; celle en 24 feuilles, au 1/500.000e, tenue au courant par des revisions successives ; une autre, en 9 feuilles, au 1/1.000.000e (carte du lieutenant-colonel Friquegnon, édition de 1903); enfin une carte au 1/3.000.000e (1 feuille, édition de 1907). Des plans et environs de ville ont été aussi publiés, ainsi que certaines cartes régionales. Des matériaux ont été réunis en vue de la confection de cartes géologiques qui seront établies d'après les cartes régulières, au 1/100.000e et au 1/200.000e, et publiées au fur et à mesure des travaux du Service géologique organisé en 1898 [1].

Le Service géographique peut être regardé comme servant de base nécessaire à tous les autres services techniques. Il en est ainsi du Service des Postes et Télégraphes, auquel M. Brenier consacre la carte n° XVI et le graphique n° 40, et qui ne compte pas moins de 306 bureaux, dont un assez grand nombre gérés par des indigènes, soit avec service complet, soit avec service limité. Il en est de même des travaux publics, dont le programme ne peut manquer d'être en rapport avec l'état des connaissances géographiques. Les graphiques nos 41 et 42 nous apprennent quelles dépenses ont été faites à leur sujet de 1899 à 1913. Nous voyons par la carte n° XVII à quel point en est l'exécution des chemins de fer projetés; d'autres détails seront donnés plus loin dans la partie économique.

Les services agricoles, commerciaux et vétérinaires en Indochine, sur lesquels M. Brenier peut d'autant mieux nous renseigner qu'il en a été l'un des fonctionnaires les plus compétents et les plus actifs, devaient jouer un rôle des plus influents dans la mise en valeur de la colonie. Une première Direction de l'Agriculture fut créée au Tonkin en 1897. Puis, un arrêté du 4 mars 1898 créa au gouvernement général une Direction de l'Agriculture et du Commerce de l'Indochine pour remplacer un « Bureau économique ». Cette organisation a subi des remaniements divers. Aujourd'hui, il y a au gouvernement général un Service des affaires économiques, depuis 1911; le Service forestier est séparé depuis 1909; enfin, il existe des Services agricoles et commerciaux locaux. Quelle qu'ait été la forme donnée à ces Services, ils n'ont pas cessé de diriger et de guider les opérations agricoles et industrielles en faisant usage de méthodes scientifiques et en mettant les colons à même de tirer d'instruments précis de recherches les connaissances exactes dont ils ont besoin.

A la tête de la Direction de l'Agriculture et du Commerce de l'Indochine avait été placé un chef de haute valeur, homme de science et explorateur, M. Guillaume Capus, qui sut donner une vive impulsion au mouvement économique [2]. Il

1. Service géographique de l'Indochine. Troupes de l'Indochine, état-major. Catalogue des cartes et plans. 1er avril 1913. 10 tableaux.

1. Voir, sur les développements donnés à ce service, PAUL LEMOINE : Les travaux du Service géologique de l'Indochine (*La Géographie*, juillet 1915, p. 288-291).

2. Voir, G. CAPUS : Essai d'un programme d'action agricole, forestière et commerciale. (*Bulletin économique de l'Indochine*, 1907).

fut admirablement secondé par M. Henri Brenier, l'auteur de l'Atlas que nous analysons qui, ainsi que M. Capus, se consacra à la recherche des meilleurs procédés pour diriger les agriculteurs et les industriels dans leurs opérations. Les travaux publiés par M. Brenier montrent combien, lui aussi, avait fait d'efforts dans ce sens et s'était documenté sur ces questions [1]. Lorsque fut créé le Service des Affaires économiques de l'Indochine, c'est à lui qu'il fut confié et il put y continuer l'œuvre à laquelle il s'était consacré. Le graphique n° 43 montre quelles dépenses ont été faites depuis 1899 pour l'agriculture, le commerce et le service vétérinaire, et M. Brenier nous indique (p. 128) quels crédits spéciaux étaient inscrits en 1914 pour ces mêmes matières.

Le Service forestier, sur lequel nous renseignent le graphique n° 44 et la carte n° XIX, a pris beaucoup d'extension. En 1901, il y avait 57.000 hectares de forêts réservées, c'est-à-dire dans lèsquelles une exploitation rationnelle est faite sous la surveillance du Service forestier; en 1912, il y en avait 523.502 hectares. C'est le Tonkin qui en compte le plus, 211.831 hectares; puis viennent la Cochinchine, l'Annam et le Cambodge.

*
* *

Sous le titre d'Indochine économique, M. Brenier étudie, dans la seconde partie de son Atlas, les divers produits de la colonie, leur culture ou leur exploitation, les moyens de transport et le commerce.

Douée d'une végétation luxuriante qu'elle doit à son climat chaud et humide, l'Indochine est un pays très riche en produits végétaux et essentiellement agricole. Ses montagnes sont couvertes de forêts et la plaine elle-même n'est pas dépourvue d'arbres. Les cultures sont très variées et comprennent aussi bien des plantes tropicales que des végétaux de pays tempérés. Elles s'étendent sur les plateaux et les plaines, et leur nature dépend de la température de la région; leur production est en relation très directe avec la date et l'abondance des pluies, ce qui justifie, comme nous l'avons dit, la grande utilité des observations pluviométriques.

Pour étudier les plantes utiles et industrielles de l'Indochine, M. Brenier envisage successivement deux grands groupes, les alimentaires et les textiles, et il place dans un troisième toutes les autres.

Parmi les plantes alimentaires, il en est une à laquelle l'auteur de l'Atlas réserve une place tout à fait exceptionnelle, le riz; il ne lui consacre pas moins de 3 cartes et de 8 graphiques. C'est que le riz est, de toutes les céréales, celle qui nourrit sur la terre le plus de millions d'hommes et qu'il constitue dans certains pays, comme en Indochine, la base fondamentale et parfois exclusive de l'alimentation indigène; il est devenu en même temps dans toute une partie de notre grande colonie asiatique, la Cochinchine, un produit d'exportation dont l'importance comme tel ne peut aller qu'en s'accroissant [1].

La carte n° XXI montre l'état de la riziculture en Indochine. On y distingue : les régions à production intense et à exportation régulière, qui sont les deltas du Mékong et du fleuve Rouge, et le pays de Battambang; les régions à production importante et qui exportent sauf les mauvaises années, lesquelles se trouvent dans la Cochinchine et le Cambodge, et s'échelonnent sur le versant de la mer de Chine; enfin les régions n'exportant que dans les bonnes années et seulement à l'intérieur des pays, qui sont éparses sur divers points. Deux cartes détaillées sont consacrées à la Cochinchine et au delta du Tonkin. La carte n° XXI porte la ligne séparative du bassin du Mékong et du versant de la mer de Chine en raison de la différence existant entre ces deux régions au sujet de la culture du riz : dans la première, on ne fait qu'une seule récolte échelonnée de novembre à avril; dans la seconde, on en fait deux, de mai à novembre, et quelquefois trois, ou plus exactement il y a trois époques de récolte, avril, juin et novembre. Cette différence caractéristique tient à la distribution des pluies. Dans les pays à moussons régulières, où les pluies laissent toujours entre elles une saison sèche, une seule récolte est possible; là où les précipitations se répartissent plus également dans le cours de l'année, on peut en faire deux et même trois.

La superficie des rizières n'est pas connue avec certitude dans l'Indochine. Pour la Cochinchine, qui est la plus productive en riz, on a des renseignements un peu plus sûrs. La superficie actuellement inscrite pour l'impôt est de 1.504.000 hectares et on pourrait arriver à la doubler, car on estime qu'il y aurait encore dans

1. Nous citerons, parmi les travaux publiés par M. Brenier sur des sujets économiques touchant à l'Indochine : Note sur le développement commercial de l'Indochine, de 1897 à 1901, comparé avec la période quinquennale 1892-1896 (Hanoï, 1902); Les richesses naturelles de l'Indochine (Impr. marseillaise, 1906, in-8°; publié à l'occasion de l'Exposition coloniale de Marseille); Carte économique du Tonkin (*Bulletin économique de l'Indochine*, 1909, p. 642); La situation économique de l'Indochine pendant l'année 1910 (*Ibid.*, 1911, p. 507-556). Il est aussi l'auteur, sous le pseudonyme de PIERRE PADARAN, d'une importante étude générale : Les possibilités économiques de l'Indochine (*Bulletin du Comité de l'Asie française*, 1901 et 1902; tir. à part, 124 p.).

1. Voir, au sujet du riz, G. CAPUS et D. BOIS : *Les Produits coloniaux*, Paris, Armand Colin, 1912, p. 27-54. — Voir aussi le chapitre XXVIII de l'ouvrage de MM. H. RUSSIER et H. BRENIER, *L'Indochine française*, p. 218-234.

le delta du Mékong 1.800.000 hectares cultivables en riz. Pour le delta du fleuve Rouge, 766.700 hectares de rizières sont inscrits pour l'impôt. La valeur de la production ne peut être également donnée que sous toutes réserves, ainsi que le fait M. Brenier. Il indique pour la Cochinchine un total de 1.993.000 tonnes, se partageant presque également entre la consommation et l'exportation, pour le Tonkin 1.825.000 tonnes, chiffre dans lequel l'exportation n'entre que pour 200.000 tonnes; au Cambodge, la valeur de la production n'est que de 620.000 tonnes, dont 154.000 pour l'exportation.

A côté du riz, le maïs a pris une importance croissante dans l'exportation indochinoise : de 440 tonnes en 1902, elle est passée à 133.275 en 1913. C'est le Tonkin surtout qui a participé à ce mouvement et il commence à s'étendre à la Cochinchine et au Cambodge (voir carte n° XXIV et graphique n° 53). Il est à noter que le gouvernement général de l'Indochine a décidé la création, au Tonkin, d'une station agronomique spécialement affectée aux recherches expérimentales concernant la culture du maïs [1].

La carte n° XXV et les graphiques 53 et 54 nous renseignent sur quelques autres produits alimentaires importants de l'Indochine : sucre, poivre, thé, café. Si une grande partie du poivre consommé en France vient de l'Indochine, nous sommes frappés de voir, par contre, quelle faible part occupe l'Indochine dans l'importation en France du thé et du café.

Sur les textiles, le coton et la soie en particulier, nous trouvons des indications dans la carte n° XXVI et les graphiques n°s 56 et 57. Le coton paraît appelé à un sérieux avenir au Cambodge; dans des régions plus nombreuses, la soie pourrait devenir un produit d'exportation abondant pour l'Indochine. Viennent ensuite, avec la carte n° XXVII et les graphiques n°s 58 et 59, des notions sur diverses autres plantes industrielles. Les oléagineux [2] comprennent le coprah, le seul produit important expédié d'Indochine, les arachides, l'huile de badiane. Le caoutchouc [3], fourni par les plantations d'hévéas de l'est de la Cochinchine et du sud de l'Annam, commence à fournir quelques milliers de tonnes; le tabac de l'Indochine, enfin, pourrait se faire une bien plus large part dans l'approvisionnement de la métropole, presque entièrement tiré de l'étranger.

1. H. GILBERT : Les principales variétés de maïs du Tonkin (*Bull. économique de l'Indochine*, sept.-déc. 1914, p. 625-628. Extrait d'un rapport de mission).

2. H. BRENIER et CH. CREVOST : Les principaux oléagineux de l'Indochine (*Bull. écon. de l'Indochine*, 1905, p. 801; 1906, p. 365, 482).

3. H. BRENIER : *Le Caoutchouc de plantation en 1909*. Hanoï, 1910.

Les forêts ont une grande extension sur tout le sol indochinois, comme on peut s'en rendre compte par la carte n° XXVIII, mais elles n'ont pas partout les mêmes caractères. Les forêts denses, à type tropical, sont celles qui offrent le plus de ressources, mais comme elles sont formées d'un nombre très varié d'essences, leur exploitation en est par là même rendue assez difficile. Leur composition varie suivant la nature du terrain et la latitude. Au Tonkin et dans le nord de l'Annam, abondaient autrefois les camphriers, dont il ne subsiste que peu de survivants; c'est une espèce qu'il y aurait intérêt à faire revivre. Dans le centre de l'Annam et au Laos, au Cambodge et en Cochinchine, croissent en grand nombre des espèces de la famille des Diptérocarpées, qui fournissent une oléo-résine fluide, dite huile de bois. Mais partout on rencontre des essences employées en menuiserie et en ébénisterie, dont quelques-unes très recherchées: bois de santal, bois de rose et autres. Les forêts des hauteurs sont caractérisées au Tonkin par les conifères et les cupulifères. Il existe aussi, selon les régions, des forêts moins denses, ou forêts à brousse. Enfin, il y a les forêts clairières, très étendues dans tout le centre de l'Indochine, de part et d'autre du Mékong, dont le sous-sol est infertile, et dont le sol, couvert de hautes herbes à la saison des pluies, est desséché à la saison sèche; ce sont les moins utilisables. Il y aurait beaucoup à dire encore sur les forêts de l'Indochine, et, en raison des produits nombreux qu'elle renferme, c'est une des parties de l'Atlas à laquelle nous souhaiterions de voir apporter par l'auteur des développements nouveaux.

Nous n'insisterons pas longuement sur les produits miniers, qui ne sont pas, pour le moment du moins, l'une des grandes richesses de l'Indochine. Ce n'est guère qu'au Tonkin que les exploitations ont pris quelque développement. Les mines de combustibles sont de beaucoup les plus importantes; comme mines métalliques, c'est le zinc qui occupe le premier rang. Bien que l'inventaire des richesses minières de l'Indochine soit à peine commencé, on peut déjà affirmer que son sous-sol, surtout au Tonkin, en possède plus encore que l'on ne pouvait croire. Le graphique n° 61 nous montre le rapide accroissement qui s'est produit dans l'industrie minière, depuis une dizaine d'années [1].

Les côtes sont, en certains endroits, très poissonneuses, et la pêche joue un grand rôle dans la vie économique de l'Indochine et fournit à

1. Voir: Situation minière de l'Indochine (*Bulletin économique de l'Indochine*, mars-avril 1915, p. 228-238).

l'exportation. Les principaux objets de trafic procurés par la chasse sont les éléphants et les peaux de tigre. Après la carte n° XXX consacrée à la chasse et à la pêche, celle qui suit donne un aperçu de la distribution du bétail en Indochine et des régions se prêtant à l'élevage. Les animaux qui dominent sont le bœuf et le buffle. L'élevage mérite de fixer l'attention, car le bétail vivant et les peaux offrent des éléments de transaction; mais des difficultés, que signale M. Brenier, sont l'approvisionnement en fourrages pour la saison sèche et la fréquence des épizooties.

Les produits de l'Indochine étant décrits, M. Brenier étudie leur mise en valeur par la colonisation européenne et leur utilisation commerciale. Le régime des concessions de terres a été réglé d'une façon uniforme pour toute l'Indochine par un arrêté du 27 décembre 1913. Les terrains domaniaux ruraux peuvent être concédés soit en vue d'exploitations agricoles, soit en vue d'entreprises d'élevage ou d'entreprises industrielles. Il est à noter que les concessions sont bien plus nombreuses au Tonkin qu'en Cochinchine, 136. 096 hectares contre 308.000; il en est de même des capitaux engagés. Deux cartes et cinq graphiques présentent par le détail ce qui concerne chacune des colonies.

L'utilisation commerciale des produits que n'absorbe pas la consommation locale comporte un facteur d'une importance primordiale, auquel M. Brenier consacre un fascicule avant d'aborder le commerce proprement dit : c'est l'outillage économique, comprenant principalement les voies de transport. C'est toute une série de graphiques qu'il faudrait en cette matière, dit avec regret l'auteur, et il n'a pu lui consacrer que trois cartes et cinq graphiques.

La carte n° XVII relative aux travaux publics donnait déjà l'état actuel des chemins de fer en Indochine. Deux cartes à plus grande échelle nous présentent maintenant les canaux ou voies fluviales, les routes et chemins de fer en Cochinchine et au Tonkin.

Tout ce qu'il y a de plus caractéristique sur les chemins de fer est groupé dans le seul graphique n° 69. La longueur des lignes construites atteignait, au 1er janvier 1914, 2056 kilomètres. La circulation des voyageurs est intense sur les voies ferrées indochinoises, mais ce sont les marchandises qui fournissent le plus gros pourcentage des recettes: 2. 350. 373 piastres sur 4. 719. 153. La plus importante de toutes les lignes, longue de 853 kilomètres, est celle qui, partant de Haiphong, sort du Tonkin pour gagner Yunnanfou, ouvrant ainsi une voie de pénétration commerciale à travers la province chinoise qui confine à notre territoire. De Hanoï part dans la direction du nord-est une autre ligne qui va jusqu'à la frontière de Chine, à Nam-quam, au delà de Lang-son. Quant au grand Transindochinois dont le plan avait été conçu par M. Doumer, il n'est encore réalisé que par tronçons: Hanoï à Vinh, Dong-Ha à Tourane par Hué, Khanh-Hoa à Saïgon. Il faut d'ailleurs reconnaître que l'achèvement de cette ligne ne s'imposait pas avec une urgence absolue, à raison du cabotage très actif qui est pratiqué sur toute la côte annamite. Les routes resteront longtemps aussi, dans une grande partie de l'Indochine, le seul moyen de transport commercial. Aussi importe-t-il de les entretenir et d'en créer de nouvelles, et jusqu'ici le réseau routier est loin d'avoir pris tout le développement dont il est susceptible. Il y a eu cependant un effort sérieux d'accompli, car leur longueur totale était estimée dans le courant de 1913, par le Service des Travaux Publics, nous apprend M. Brenier, à 19.210 kilomètres, dont 4. 936 empierrés. C'est la Cochinchine qui est la mieux munie de routes[1].

Les fleuves, rivières et canaux offrent aussi des voies qu'utilise le commerce; des jonques nombreuses les sillonnent et, en outre, des services réguliers de navigation ont été établis. Mais, malgré l'abondance des cours d'eau, la navigation fluviale intérieure n'offre pas les facilités qu'on pourrait croire. De forts rapides coupent le cours du Mékong et il faut tenir compte aussi de l'envasement progressif des deltas, surtout de celui du fleuve Rouge, et des bancs des embouchures. Beaucoup de travaux ont été faits pour améliorer les voies de communication par eau. C'est en Cochinchine que les communications fluviales sont le mieux assurées, de même que le service routier. La longueur des voies principales qui y sont utilisées par la batellerie serait, dit M. Brenier, de 1.574 kilomètres; celle des voies secondaires, de 1.600. Au Tonkin, sauf dans le Delta, les communications fluviales jouent un rôle moins important qu'en Cochinchine.

L'étude des voies fluviales conduit M. Brenier à un sujet d'une grande importance en Indochine, l'hydraulique agricole. Les travaux que l'intérêt de l'agriculture peut exiger en ce qui concerne les eaux sont susceptibles d'être de nature très différente. Tantôt il s'agit d'assécher une région au moyen de canaux d'évacuation quand les eaux pluviales s'y accumulent sans écoulement, tantôt de protéger des terrains contre les inondations de rivières non endiguées, ou des zones maritimes contre l'invasion des eaux

1. Voir : Le réseau routier indochinois (*Bulletin économique de l'Indochine*, septembre-décembre 1914, p. 693-746).

salées, tantôt au contraire de procéder à des irrigations par des procédés divers [1].

C'est au Tonkin seulement que l'on a entrepris jusqu'ici des travaux suivis de cet ordre, et la carte n° XXXVI en montre la nature et l'étendue. La superficie gagnée ou améliorée par les travaux exécutés ou en cours représente 123.778 hectares, se rattachant à l'exécution d'un plan dû à l'ingénieur Desbos : il faut y ajouter 8.000 hectares correspondant aux canaux de Kep. D'autres travaux importants sont encore projetés.

M. Brenier fait observer que les problèmes soulevés par l'hydraulique agricole se compliquent au Tonkin par suite des inondations dues aux crues du fleuve Rouge ; elles se produisent surtout en juillet et en août. Le graphique n° 73 donne les courbes des plus grandes crues récentes. Le 9 août 1913, la cote maximum observée à Hanoï a été de 11 mètres 38. En 1915, ce chiffre a encore été dépassé ; le 11 juillet, le fleuve atteignait 11 mètres 67, hauteur excédant toutes celles que l'on avait pu enregistrer, et des ruptures de digues se produisirent sur divers points [2]. Il y aurait lieu d'exécuter d'importants travaux pour assurer l'aménagement complet des eaux au Tonkin et pour éviter les inondations [3].

Le Mékong a aussi ses crues (graphique n° 72), qui appellent également bien des études et des travaux. Dans la Cochinchine, la question des canaux intéresse à la fois l'aménagement des terres et la navigation. En Annam, des projets ont été étudiés concernant diverses régions.

Les produits divers de la colonie étant connus, ainsi que leurs procédés de mise en valeur et de transport, M. Brenier aborde la question du commerce. Une excellente carte en trois parties à l'échelle de 1 : 3.000.000e (carte n° XXXVII) localise géographiquement tous les produits, donnant ainsi une vue d'ensemble sur les richesses économiques de toute nature que possède la colonie. La feuille nord embrasse une grande partie de la Chine méridionale jusqu'au 27e degré de latitude, deux fois plus au nord que Yunnanfou où conduit le chemin de fer français ; nous voyons par là quels sont les produits des provinces chinoises les plus rapprochées du Tonkin, et la carte indique aussi les facilités d'accès que présentent les principales régions. De même, la partie centrale nous montre le Siam, et la partie sud toute une moitié de la presqu'île de Malacca. Conformément aux idées exprimées par lui au début de l'ouvrage, M. Brenier recommande de rapprocher les données de la carte XXXVII de celles fournies par la carte hypsométrique (carte n° I), car, dit-il avec raison, tout ce qui concerne les productions et communications ne s'explique bien qu'en tenant compte des conditions de géographie physique que cette carte traduit.

Plusieurs graphiques très instructifs sont consacrés au commerce général et au commerce spécial de l'Indochine. Les chiffres se sont notablement élevés en l'espace de huit années. D'après les indications données par M. Brenier (p. 225), le commerce général de la colonie, en y comprenant le transit et le numéraire, a passé de 453.000.000 de francs, en 1906, à 747.900.000 en 1913 ; le commerce spécial est monté, dans le même temps, de 324 millions 1/2 à 521 millions [1]. Pour ce dernier, la moyenne des importations a légèrement baissé dans cette période, mais la moyenne des exportations s'est accrue, malgré le déficit du riz en 1911 et 1912. C'est l'augmentation d'exportation de produits autres que le riz qui a empêché la colonie de trop se ressentir de cette baisse, ce qui prouve combien il importe d'encourager la polyculture, tout en développant les moyens de stabiliser la récolte du riz et par suite son exportation, notamment grâce aux travaux d'hydraulique agricole. Il faut enregistrer comme un progrès sérieux, ainsi que le dit avec raison M. Brenier, le fait que la métropole a augmenté ses achats de matières premières dans la colonie, bien que ceux-ci soient loin d'avoir atteint encore tout ce qu'on peut en attendre. Nous ne pouvons analyser de près tous les détails donnés par l'auteur, mais ce sont là des constatations importantes qui ressortent de son livre, et nous amènent à ses conclusions.

*
* *

Dans ses conclusions, M. Brenier examine quelles sont les directions des courants commerciaux que suivent les produits de l'Indochine et, à cet égard, deux points nous apparaissent comme devant être conciliés dans tous les plans que l'on peut former pour accroître le développement économique de la colonie : l'augmentation des exportations de l'Indochine dans la métropole, le maintien et la consolidation du commerce de l'Indochine avec l'Extrême-Orient.

1. H. BRENIER : Les pompes élévatoires dans l'Inde et la question de l'irrigation (*Bulletin économique de l'Indochine*, 1909, p. 328-335, 553-564).

2. *La Dépêche coloniale*, 20 août 1915.

3. A. NORMANDIN : Les crues du Fleuve Rouge (*Bulletin économique de l'Indochine*, janvier-février 1914, p. 15-45) ; A. VERDAGUER : Les crues du fleuve Rouge (*Ibid.*, mai-juin 1914, p. 240-245) ; Les inondations au Tonkin. Mémoire de S. E. HOANG-CAO-KHAI, suivi d'un Rapport technique de M. l'ingénieur principal ROUEN, chef du Service de l'Hydraulique (*Ibid.*, juillet-août 1915, p. 443-469).

1. D'après l'Administration des douanes et régies de l'Indochine, le commerce général a été de 651.497.321 francs en 1913 et de 598.830.413 en 1914 ; le commerce spécial de 521.171.888 en 1913, et de 498.575.859 en 1914 (*Bulletin économique de l'Indochine*, mars-avril 1915, p. 202).

Tandis que le total des achats faits par la France aux pays qui entourent l'Indochine s'élève à 721.293.000 francs, pour ceux qu'elle fait à sa colonie le total n'est que de 93.746.000 francs, ces deux chiffres étant la moyenne de la période quinquennale 1908-1912. L'écart est assez fort et il est certain que l'Indochine pourrait fournir à la métropole un certain nombre de produits en quantités notablement plus importantes. Le graphique n° 79 montre quels sont ces produits et, au premier rang, nous voyons la soie et les oléagineux, mais l'intérêt apparaît pour beaucoup d'autres. Tout ce qui serait fait en ce sens accroîtrait la production et la richesse de la colonie, et la population a avantage à assurer à ses produits un marché entièrement différencié des autres marchés qui l'entourent.

Mais, en même temps, il ne faut pas perdre de vue que l'Indochine, pays d'Extrême-Orient, est liée commercialement avec le milieu dans lequel elle se trouve naturellement placée; elle a déjà su prendre sur les marchés d'Extrême-Orient une place importante et elle peut l'augmenter encore bien davantage. La carte n° XXXVIII présente sous une forme schématique des renseignements très instructifs sur les produits et le mouvement commercial des pays d'Extrême-Orient, et le graphique n° 81 passe en revue tous ceux avec lesquels l'Indochine est en relations. C'est avec la Chine que l'Indochine a le plus fort commerce, si l'on tient compte en même temps du commerce direct et de celui qui se fait par Hong-Kong ; le chiffre des exportations de l'Indochine à destination de la Chine a été, en 1912, de près de 90 millions. L'Extrême-Orient est le principal client de l'Indochine ; il lui achète plus de 150 millions de francs en moyenne. Il importe donc de saisir toutes les occasions d'accroître ce mouvement économique, et l'ouvrage de M. Brenier ouvre des vues intéressantes à ce sujet.

Enfin, M. Brenier termine son étude en comparant la situation de l'Indochine et celle des autres colonies françaises, et il complète son texte à ce sujet par les graphiques n°s 80, 82 et 82 *bis*. S'il donne des chiffres pour toutes les colonies, il ne fait de comparaison formelle qu'avec les grandes colonies nouvelles, laissant les vieilles colonies à part.

La France possède en Afrique deux vastes colonies, les plus grandes de tout son domaine, qui peuvent compter elles aussi sur une prospérité croissante : l'Afrique Occidentale, qui a déjà réalisé un magnifique essor, l'Afrique Equatoriale qui, moins favorisée jusqu'ici, commence à prendre vie et verra ses progrès s'accélérer. Si l'Indochine est moins étendue qu'elles, elle est plus peuplée, et elle l'emporte sur elles, de même que sur Madagascar, par une supériorité commerciale très marquée. D'après une statistique pour 1912, indiquée par M. Brenier, le commerce général de l'Indochine serait de 533 millions de francs, celui de l'Afrique Occidentale de 255 millions, celui de Madagascar de 116 millions [1]. Quant au commerce spécial, d'après une moyenne établie pour 1908-1912, il serait de 436.900.000 francs pour l'Indochine [2]. Pour l'Afrique Occidentale, qui vient ensuite, le chiffre, d'après une moyenne calculée pour 1906-1910, est de 207.900.000 francs. L'Indochine vient aussi en tête dans les relations avec la France et les colonies avec 182 millions de francs ; l'Afrique Occidentale la suit avec un peu plus de 160 millions. La part proportionnelle de l'Indochine (pour le commerce spécial) est de 50 % par rapport au total des autres colonies françaises pour l'exportation de France ; de 35,7 % pour l'importation de France ; de 41,6 % pour le total.

Cette place prépondérante de l'Indochine dans le domaine colonial français s'explique par ses richesses naturelles, par la densité de sa population, et aussi par la productivité de son territoire presque entier et par la position géographique qu'elle occupe. Les nombreux chiffres que donne M. Brenier sont probants et constamment on peut constater qu'ils ont été en s'accroissant d'année en année. Ces progrès ne peuvent aller qu'en s'accentuant si l'on prend toutes les mesures susceptibles de les favoriser.

L'effort accompli jusqu'ici tant par l'administration que par nos commerçants, colons, et industriels, « se continuera avec d'autant plus de succès, dit M. Brenier, qu'on le distribuera et qu'on l'échelonnera suivant un plan d'ensemble qui mettra chaque chose à sa place, et dont la réussite dépendra de la stabilité dans la direction ». L'ouvrage de M. Brenier ne peut manquer d'aider à cette évolution, grâce aux utiles indications qu'il contient et à la haute compétence avec laquelle elles sont données ; il servira aussi à répandre une connaissance exacte de l'Indochine et à montrer combien grande est la valeur de cette colonie et combien brillant est son avenir.

Gustave Regelsperger.

1. Les chiffres publiés par l'*Office colonial* pour 1913, sont : Indochine, 591.137.000 ; Afrique occidentale, 277.718.000 ; Madagascar, 102.801.000. D'après l'Administration des Douanes et Régies de l'Indochine, le commerce général de l'Indochine a été de 651.497.321 francs en 1913, de 598.830.413 en 1914 (*Bulletin économique de l'Indochine*, mars-avril 1915, p. 202.) Le chiffre atteint pendant le 1er trimestre 1915 a été de 120.248.211 francs, en diminution sur la période correspondante de 1914 à raison des événements (*Ibid.*, juillet-août 1915, p. 470).

2. D'après l'Administration des Douanes, le chiffre a été de 521.171.888 francs en 1913, et de 498.575.859 en 1914 (*Bull. économ. de l'Indochine*, mars-avril 1915, p. 203). Pour le 1er trim. 1915, il a été de 102.123.957 francs, en diminution comme le commerce général (*Ibid.*, juill.-août 1915, p. 471).

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Darboux (G.), *Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, Doyen honoraire de la Faculté des Sciences de Paris.* — **Leçons sur la Théorie générale des Surfaces et les Applications géométriques du Calcul infinitésimal.** *Deuxième partie :* **Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Les lignes tracées sur les surfaces.** *Deuxième édition, revue et augmentée. — 1 vol. in-8° de 579 pages. (Prix : 20 fr.) Gauthier-Villars, éditeur, Paris,* 1915.

Malgré les difficultés résultant des circonstances actuelles, M. Darboux, avec le concours dévoué de son éditeur, M. Gauthier-Villars, vient de faire paraître le deuxième volume de la seconde édition de son cours de Géométrie infinitésimale. Ce volume, comme celui de la première édition, qui est épuisé depuis assez longtemps, est divisé en deux livres, le premier (livre IV de l'ouvrage complet), consacré aux « congruences et aux équations linéaires », le second (livre V), aux « lignes tracées sur les surfaces ». Bien que, dans l'ensemble, il reproduise celui de la première édition, il renferme quelques additions qu'il convient d'indiquer ici.

Dans le livre IV, le chapitre IV (*application de la méthode de Riemann aux équations de Laplace*) est augmenté d'un complément sur l'équation d'Euler E (β, β'), pour le cas particulier $\beta' = \beta$, avec application à l'équation des télégraphistes. Il est également complété par l'application de la méthode des approximations successives de M. Picard au théorème d'existence, dans des conditions données, de l'intégrale des équations du second ordre de la forme :

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y} = f\left(x, y, \frac{\partial z}{\partial x}, \frac{\partial z}{\partial y}\right).$$

A la fin du chapitre VII (*équations à invariants égaux*), l'auteur développe une indication de la 1re édition relative à la construction de la solution de Riemann pour une suite d'équations déduites, par une transformation bien connue, due à Moutard, d'une équation à invariants égaux.

Au chapitre XII (*trajectoires orthogonales d'une famille de surfaces*), la condition pour que les courbes d'une congruence admettent des surfaces trajectoires orthogonales est traduite géométriquement à l'aide du cône de Malus relatif à chaque point; ce cône doit être équilatère, d'où résultent d'importantes conséquences.

Dans le livre V, on remarque au chapitre III (*courbure normale et torsion géodésique*), une modification, comportant quelques développements, à l'étude des relations entre deux normales infiniment voisines d'une surface.

Le chapitre VIII (*application de la théorie des surfaces à l'étude des mouvements dans l'espace*) est complété par l'étude du cas où la fonction des forces qui détermine le mouvement dépend explicitement du temps.

Enfin, le volume est accru de trois notes nouvelles qui le terminent : la première a pour objet l'étude de diverses propriétés des trajectoires orthogonales d'une congruence de courbes. S'inspirant d'un mémoire de M. Rogers, M. Darboux retrouve et généralise, par l'emploi de la méthode du trièdre mobile, les résultats obtenus par ce géomètre; il les rapproche de ceux d'Hamilton et de Kummer sur les propriétés infinitésimales des congruences rectilignes.

La note II, « Sur le mouvement des corps pesants et le principe de la moindre action », est consacrée à l'étude détaillée, par des moyens élémentaires, des questions de maximum et de minimum qui se rattachent à l'intégrale de l'*action* dans le mouvement des corps pesants. M. Darboux retrouve ainsi et complète certains résultats signalés par M. Hadamard dans son Traité de calcul des variations, et qui montrent la véritable portée du principe de la moindre action.

Enfin, dans la note III, M. Darboux recherche les équations de Laplace qui admettent des solutions particulières liées par une relation quadratique à coefficients constants; on en connaît des exemples classiques et, d'ailleurs, M. Guichard a donné la solution générale du problème. M. Darboux indique un procédé élémentaire et très élégant, susceptible de fournir toutes les solutions du problème, et qui lui a été suggéré par les développements donnés au cours de ce volume.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée
et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences physiques

Burrell (G. A.), **Seibert** (F. M.) et **Oberfell** (C.G.) — **The condensation of Gasoline from natural Gas.** — *1 broch. in-8° de 106 p. avec 18 fig. (Bulletin 88 du Bureau of Mines). (Prix : 15 cents). Government Printing Office, Washington,* 1915.

Cette brochure renferme d'intéressants détails sur une industrie qui prend un grand développement aux Etats-Unis : la condensation des hydrocarbures liquides qui se trouvent dans les gaz naturels, si abondants dans ce pays. Ces gaz naturels renferment, avec des quantités variables d'azote et de CO^2, les hydrocarbures méthane, éthane, propane, butane, pentane, hexane et heptane, dont les derniers sont liquides à la température ordinaire et entraînés à l'état de vapeurs par les autres. Soumis à une compression qui peut atteindre 150 kilogs et refroidis par une circulation d'eau, il se condense un liquide formé surtout de pentane et d'hexane, qui constitue une bonne gasoline; le gaz non condensé est employé au chauffage ou dans les moteurs à explosion. Les Etats-Unis, qui ne retiraient que quelques milliers de litres de gasoline des gaz naturels en 1904, en ont extrait plus d'un million d'hectolitres en 1913. On trouvera encore dans cet opuscule des renseignements sur la pression de vapeur de la gasoline, les pertes par évaporation et l'analyse des gaz naturels.

3° Sciences naturelles

Memorial volume of the Transcontinental Excursion of 1912 of the American Geographical Society of New-York. — *1 vol. in-8° de 407 pages avec nombreuses fig. et cartes. Publié par la Société, Broadway at 156 th Street, New-York,* 1915.

Dans l'été de 1912, la Société américaine de Géographie de New-York, à l'occasion de son soixantième anniversaire, organisait à travers les Etats-Unis une « Excursion transcontinentale » à laquelle elle conviait un grand nombre de géographes américains et étrangers. L'idée de cette excursion était due à M. W. M. Davis, professeur à l'Université de Harvard, qui en conçut le plan, intéressa de nombreuses personnes à son organisation (en particulier le généreux Mécène dont la subvention permit d'en couvrir la plus grande partie des frais) et la dirigea ensuite d'une façon absolument remarquable.

Partis de New-York le 22 août, les excursionnistes y rentrèrent le 17 octobre, après avoir suivi un itinéraire passant par la région des Grands Lacs, les plaines du Missouri, le Parc national de Yellowstone, Butte, la région de la Grande Coulée, Seattle, Tacoma, Portland,

San Francisco, le Grand Lac Salé, Denver, Santa Fe, le Grand Cañon du Colorado, le barrage Roosevelt, puis les plaines du Mississipi, la région des Appalaches et Washington.

Le volume que publie aujourd'hui la Société est destiné à commémorer le souvenir de cette excursion. Il renferme d'abord le récit de sa préparation, puis de l'excursion proprement dite, avec la liste de tous les adhérents, illustrée des portraits de la plupart des invités étrangers. La France était représentée par MM. H. Baulig, A. Demangeon, Em. de Margerie, E. A. Martel, et Em. de Martonne, délégués de la Société de Géographie de Paris, L. Gallois, délégué de l'Université de Paris, A. Vacher, délégué du Ministère de l'Instruction publique, et P. Bastian, J. Goubert et F. Herbette, invités par le Directeur de l'excursion.

Mais la plus grande partie de l'ouvrage est constituée par une série de 24 mémoires où les invités étrangers ont consigné en général quelques-unes des observations qu'ils ont pu faire au cours de leur rapide voyage au travers des Etats-Unis. Les mémoires des géographes français (à l'exception de celui de M. de Margerie sur « la dette de la science géographique envers les explorateurs américains ») ont déjà paru dans les *Annales de Géographie* de mars 1913, mais les autres sont inédits. A signaler en particulier ceux de M. E. Bruckner, sur l'influence du climat et des oscillations climatiques sur la colonisation des Etats-Unis; de M. F. Nussbaum, sur la position et le développement de quelques villes de l'Ouest des Etats-Unis; de M. E. Oberhummer, sur les villes américaines et européennes; de M. A. Demangeon, sur Duluth et ses mines de fer; de M. J. Partsch, sur les conditions géographiques du Chemin de fer Nord-Pacifique; de M. O. Marinelli, sur les « mauvaises terres » italiennes et américaines; de M. E. de Martonne, sur le Parc national de Yellowstone; de M. K. Oestreich, sur la Grande Coulée; de M. F. Herbette, sur les ports du Pacifique; de M. A. Ruhl, sur San Francisco; de M. E. von Drygalski, sur le surcreusement du Grand Cañon du Colorado, etc.

A. Lecerf.

4° Sciences diverses

Hessler (John C.), *Professeur de Chimie à l'Université James Millikin.* — **The first year of Science** (La première année de Science). *1 vol. in-12 de 484 pages avec 311 fig.* — **Laboratory exercises of « the first year of Science »** (Exercices de laboratoire de la première année de science). *1 vol. in-12 de 118 p. avec 35 fig. Benj. H. Sanborn and Co., éditeurs, Chicago, New-York et Boston,* 1915.

La première année de Science du Professeur Hessler a été écrite dans l'intention de donner à ses lecteurs les premiers éléments de ce qu'il appelle la « science générale ». Celle-ci consiste dans sa plus grande partie en des notions préliminaires de Physique et de Chimie; mais elle ne se borne pas là : les problèmes pratiques de la vie dans leurs relations avec la découverte scientifique, le sol comme base de l'agriculture, les plantes et les animaux dans leur évolution des formes simples aux plus complexes, tout cela doit y trouver place ; de même encore l'hygiène publique, application de la science à la vie en commun.

Tout ce programme est exposé en 20 chapitres. Ceux qui sont consacrés à la Physique ne contiennent pas de formules, et seulement quelques calculs très simples ; il n'y a pas de symboles ni d'équations dans les chapitres de Chimie. Le plan de l'auteur est de donner seulement les notions fondamentales de matière, de force et d'action chimique. On trouve ensuite des chapitres sur « l'eau, la chaleur, l'air et la lumière dans la maison », « le temps », « les roches et le sol », « les plantes » et « les animaux » ; enfin les quatre derniers sont consacrés à la physiologie élémentaire et à l'hygiène. Le texte est imprimé en deux caractères différents, le caractère le plus gros étant réservé aux notions les plus importantes, le caractère fin aux notions accessoires.

Les illustrations sont tout à fait dignes d'éloges : excessivement nombreuses, bien dessinées et remarquablement adaptées au texte, elles en augmentent la valeur didactique par l'appel direct à l'œil; elles sont toutes pourvues de légendes explicatives bien conçues, et en général les lettres servant à désigner les diverses parties d'une figure ont été remplacées par les noms mêmes de ces parties.

Des exercices, sous forme de questions posées au lecteur ou à l'élève, se rencontrent fréquemment au cours de l'ouvrage, et à la fin de chaque chapitre un sommaire résume les principales notions qui se dégagent des pages précédentes. Enfin, un appendice contient certaines tables de valeurs utiles et un glossaire des termes employés au cours de l'ouvrage. A noter qu'il est fait usage partout concurremment des unités anglaises et des unités métriques.

L'ouvrage proprement dit se complète par un petit volume d'Exercices de laboratoire qui peuvent être exécutés avec des appareils simples, pour la plupart faciles à fabriquer soi-même avec des objets usuels ; l'auteur recommande d'ailleurs beaucoup cette façon d'opérer, qui stimule davantage l'élève que lorsqu'il a à sa disposition des appareils perfectionnés. Pour chaque exercice est indiquée la meilleure forme d'appareil à employer et les quantités de matières nécessaires.

L'auteur a essayé dans la préface de caractériser comme suit le but de son ouvrage : « Stimuler des pensées nouvelles sur des choses communes, provoquer une attitude scientifique vis-à-vis des problèmes de tous les jours, donner à un cercle de lecteurs populaires aussi étendu que possible une connaissance scientifique telle que les inventions modernes soient entre leurs mains des outils et non pas surtout des jouets ». Nous estimons qu'il a remarquablement réussi dans son entreprise et que ses deux petits volumes peuvent occuper une place d'honneur parmi les ouvrages analogues.

Louis Brunet.

Fidel (Camille). — **L'Allemagne d'outre-mer. Grandeur et décadence.** *Préface de* Lucien Hubert, *sénateur. — 1 vol. in-8° de 79 p., accompagné de 6 cartes. (Prix : 1 fr.) Boivin et Cie, éditeurs. Paris,* 1915.

M. Camille Fidel, secrétaire général de la Société des Etudes coloniales et maritimes, qui s'est fait une notoriété par ses travaux sur les questions coloniales et dont M. Lucien Hubert, dans la Préface de cet ouvrage, a fait ressortir les mérites, a voulu, avec juste raison, appeler l'attention publique sur le rôle important qu'il convient d'attacher, dans la guerre actuelle, au sort des colonies allemandes. Il l'a fait avec une grande clarté et d'une façon très démonstrative. Aussi est-il à désirer que son livre soit répandu le plus possible dans le public, parmi ceux qui ont besoin d'être davantage éclairés sur ce point.

Après un aperçu sur la guerre coloniale qui a amené déjà l'effondrement de la plus grande part du domaine allemand d'outre-mer, M. Fidel retrace ce qu'étaient les colonies allemandes, trop souvent dépréciées en France, et il en montre la valeur véritable.

L'exposé qu'il donne ensuite de la politique coloniale allemande fait comprendre quel échec considérable constituent pour l'Allemagne la perte de ses colonies et l'évanouissement de ses rêves d'expansion en Orient et en Extrême-Orient. Ainsi se trouve créée la plus forte entrave à ses plans d'hégémonie mondiale, en même temps que le domaine colonial de la France, en particulier, sera agrandi et consolidé. Ces résultats sont parmi les plus importants que nous pouvons attendre de la guerre soulevée par l'Allemagne.

G. Regelsperger.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 28 Février 1916

M. le Président annonce la mort de M. **R. Dedekind**, Associé étranger.

1° Sciences physiques. — M. **L. Vallery** : *Sur la stabilité des hypochlorites en solutions très étendues. Conséquences au point de vue de leur emploi pour la stérilisation des eaux.* En solutions très étendues (au titre de l'ordre du millionième en poids de Cl actif), les hypochlorites sont le siège d'un phénomène de décomposition lente, dont la limite, quand elle existe, est influencée notablement par des variations très faibles du milieu. La vitesse de cette décomposition, en dehors de toute action perturbatrice, semble être représentée analytiquement par une portion d'hyperbole équilatère. En ce qui concerne l'action du milieu, on peut distinguer: 1° une action purement catalytique, positive ou négative; 2° une action purement chimique, due à la présence de corps susceptibles de réagir soit avec la molécule d'hypochlorite, soit avec ses produits de décomposition. A l'une de ces deux catégories doit être rattachée l'action exercée par les germes contenus dans le milieu. — M. **G.-A. Le Roy** : *Recherche du chlore libre dans les eaux d'alimentation urbaines.* L'auteur préconise une méthode analytique basée sur la congélation incomplète et fractionnée de l'eau à examiner, la congélation étant conduite de façon à provoquer d'une part l'élimination de la majeure partie de l'eau à l'état de glace pure, d'autre part la migration du chlore actif dans la petite quantité d'eau laissée incongelée. Le chlore libre se trouvant ainsi concentré sans altération, malgré son instabilité, peut être facilement recherché et caractérisé par ses réactifs classiques.

2° Sciences naturelles. — M. **L. Gentil** : *Sur la structure du Moyen Atlas.* L'auteur montre que le Moyen Atlas est formé de trois rides anticlinales, comprises entre les plateaux tabulaires du Rekkam, dans l'Est, et de la Meseta marocaine, dans l'Ouest. Les plateaux des Beni Mtir et des Beni Mguild ont été le siège d'affaissements ou de mouvements de bascule, sans doute en relation avec la présence de déjections basaltiques pliocènes ou quaternaires qui les recouvrent. Ces manifestations volcaniques marquent vraisemblablement le dernier acte des mouvements orogéniques et épirogéniques qui ont donné naissance à la chaîne centrale du Maroc. — M. **J. Deprat** : *Sur l'existence d'un ridement d'âge paléozoïque entre le Yunnan et le Tonkin.* L'auteur signale l'existence, dès les temps les plus anciens, d'un ridement formant une vaste courbe reliant l'élément continental chinois sud-oriental et la chaîne cristalline annamitique. Peu important pendant le Cambrien, l'Ordovicien et le Gothlandien, il s'est accentué pendant le Dévonien et le Carbonifère moyen. L'Ouralien accuse un mouvement de submersion, suivi d'un relèvement partiel dans les périodes ultérieures et définitif à la fin du Lias. C'est sur cette barre que viendront plus tard déferler les vagues orogéniques du Yunnan et s'empiler les puissantes nappes de la région du Nan-Ti et du haut Song-Chay, tandis que sous cette poussée, sous l'écrasement formidable qu'elle subira, elle se transformera en mylonites granitiques.

Séance du 6 Mars 1916

1° Sciences physiques. — M. **P. Duhem** : *Sur l'Electrodynamique des milieux conducteurs.* L'auteur arrive à la conclusion qu'un conducteur métallique (dont la résistance spécifique n'est pas plus grande que celle du mercure et dont le pouvoir inducteur spécifique ne dépasse pas 64) se comporte, au point de vue électrodynamique, comme s'il était sensiblement privé de pouvoir diélectrique. Dans les circonstances indiquées, la mesure de ce pouvoir ne peut être obtenue par aucune expérience, mais en même temps elle est inutile. Cette remarque simplifie grandement le problème de l'Electrodynamique. — MM. **Girardeau** et **Bethenod** : *Sur le réglage du circuit de charge dans les installations de t. s. f. à courant continu haute tension avec interrupteur tournant.* Les auteurs font remarquer que le système de t. s. f. du type ci-dessus décrit par M. Bouthillon (voir t. xxvi, p. 448 et 721) était déjà connu antérieurement. D'ailleurs les postes d'émission à courant continu haute tension ne répondent plus aux besoins modernes, par suite des difficultés d'emploi des dynamos à courant continu haute tension et de la nécessité d'employer une batterie d'accumulateurs pour éviter aux machines les à-coups dus à l'éclateur. En fait, ce système a été abandonné en faveur des systèmes à courant alternatif de fréquence élevée, actuellement utilisés dans presque toutes les stations. — M. **A. Bach** : *Sur une nouvelle réaction de l'urine.* L'auteur a constaté que l'urine normale contient des quantités appréciables du coferment réducteur qui existe dans la plupart des tissus animaux, c'est-à-dire que l'urine ne réduit pas à elle seule les nitrates en nitrites, mais qu'elle les réduit en présence du ferment contenu dans le lait frais. Comme les nitrites formés se laissent facilement doser, la réaction pourrait rendre des services dans des recherches d'ordre physiologique et pathologique.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Welsch** : *Constitution géologique du Marais poitevin.* Le Marais poitevin représente un ancien golfe qui a été comblé, depuis l'époque tertiaire, par des alluvions quaternaires et récentes, de plusieurs sortes, marines, fluviales et lacustres. On peut y distinguer les formations suivantes : 1° *dépôts actuels et modernes,* qui sont de trois sortes : dunes littorales, alluvions lacustres et tourbeuses, argile marneuse marine à Scrobiculaires ; 2° *dépôts quaternaires,* qui comprennent des anciens cordons littoraux marins et des alluvions anciennes du fond des vallées. — M. **F. Gaud** : *Nouvelle forme d'emploi du formol pour la désinfection aux armées.* On sait que, lorsque la solution de formol commercial à 40 % est versée dans une solution saturée de permanganate de potassium, le mélange ne tarde pas à s'échauffer et à dégager des vapeurs abondantes. M. Gaud a constaté que celles-ci, douées d'un grand pouvoir diffusif, pénètrent facilement les tissus de laine, coton, chanvre et lin, dont aucune fibre n'échappe à leur action bactéricide; quant aux œufs des diverses parasites, il n'en est point dont la coque leur demeure impénétrable, même après un temps relativement court. L'auteur décrit un appareil pour la formolisation, par ce procédé, des effets d'habillement et de couchage, qui a donné des résultats bien supérieurs à ceux de la désinfection par la vapeur sèche. — MM. **C. Galaine** et **C. Houlbert** : *Sur le self-diffuseur à anhydride sulfureux pour la désinfection et la dératisation des tranchées, des cales de navires et des locaux habités.* Les auteurs ont construit, pour l'application pratique de la désinfection et de la dératisation par SO^2, un petit appareil formé de trois parties : 1° un récipient pour SO^2 liquide ; 2° un réchauffeur à eau bouillante; 3° une petite turbine avec ailettes en aluminium, entraînant une hélice à 4 branches formant ventilateur. On assure ainsi le mélange intime de la substance insecticide avec l'air des locaux à désinfecter. Cet appareil, légèrement modifié, peut servir pour le sulfure de carbone, etc. — M. **Aug. Lumière** : *Action des hypochlorites sur le pus.* Lorsqu'on additionne un pus d'une quantité d'hypochlorite de sodium insuffisante pour le stériliser, avant de tuer les microbes qu'il renferme on les atténue en les rendant moins virulents

et l'on détruit leurs toxines par oxydation. La destruction des toxines régénère le milieu de culture qu'est le pus, en le débarrassant des produits d'excrétion microbienne qui tendent à s'opposer à la végétation, ce qui explique le résultat en apparence paradoxal signalé par M. Delbet (voir p. 66). Toutefois, cette destruction des toxines par les antiseptiques oxydants joue un rôle favorable dans la lutte contre l'infection, soit en permettant à la phagocytose de s'effectuer, soit en évitant l'imprégnation de l'organisme par des substances incontestablement nocives.

ACADEMIE DE MÉDECINE

Séance du 22 Février 1916

MM. **M. Letulle** et **A. Bergeron** : *La réaction de Wassermann dans les maladies chroniques.* Sur 608 malades atteints de déchéance organique plus ou moins profonde, invalides du foie, des reins, du cœur, des vaisseaux, du système nerveux, les auteurs en ont trouvé 296 présentant une réaction de Wassermann nettement positive et 13 une réaction douteuse. On peut donc hardiment affirmer que la syphilis pesait lourdement sur le passé de plus de la moitié d'entre eux, car il ne faut pas oublier que la réaction de Wassermann ne spécifie pas, à coup sûr, tous les cas de syphilis. La syphilis, on a de moins en moins le droit d'en douter, est le plus redoutable des facteurs de sclérose et de sénilité de nos organes. Tout autant, et même plus encore que les diathèses constitutionnelles et que tous les reliquats d'infections et d'intoxications, elle est capable de provoquer ces lentes déchéances qui frappent, simultanément ou séparément, les reins et le foie, le cœur et les vaisseaux, la moelle et le cerveau. — M. **M. de Fleury** : *Traitement économique des tuberculeux dans les hôpitaux temporaires.* L'auteur a organisé à peu de frais, comme annexe à l'Hôpital temporaire de Langrune-sur-Mer, un aérium où des soldats atteints de tuberculose ont été soumis à la cure de grand air et de repos. Les résultats obtenus ont été remarquables, et il serait à souhaiter que de pareilles créations fussent multipliées dans tous les hôpitaux temporaires possédant un jardin et en dehors des grandes agglomérations. — MM. **G. Guillain** et **H. Pecker** : *Paralysie oculaire au cours d'une intoxication par l'acide picrique. Sur la présence de l'acide picramique dans le liquide céphalo-rachidien.* Les auteurs ont observé un soldat de 37 ans qui, au cours d'une intoxication picrique volontaire, ayant déterminé un pseudo-ictère et des symptômes gastro-intestinaux, fut atteint d'une paralysie bilatérale des nerfs moteurs oculaires externes ayant persisté pendant plusieurs semaines ; la paralysie oculaire apparut 20 jours après l'ingestion du toxique, elle détermina de la diplopie ; les réflexes pupillaires à la lumière et à l'accommodation restèrent normaux. Chez ce même soldat et chez d'autres ayant aussi absorbé de l'acide picrique, on a retrouvé ce dernier dans le liquide céphalo-rachidien à l'état d'acide picramique, à la dose 0,075 mgr.

Séance du 29 Février 1916

M. **E. Maurel** : *De l'introduction de boîtes-repas dans le régime alimentaire des troupes se battant en rase campagne.* L'auteur propose de faire entrer dans l'approvisionnement des troupes se battant en rase campagne, et qui ne peuvent que difficilement recourir aux cuisines roulantes, des vivres de conserve contenus dans des boîtes dont chacune renfermerait, déjà cuits, les aliments nécessaires (viande et légumes) pour constituer un repas pour un homme. La viande divisée en petits morceaux serait cuite en même temps que les légumes, de telle manière que le tout pourrait être mangé froid comme un pâté ; chaque boîte fournirait environ 30 gr. d'azotés et 500 calories. L'approvisionnement serait complété par du pain, du vin et des fruits secs.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 19 Février 1916

Mmes **M. Lapicque** et **C. Veil** : *Action du curare sur le myocarde de grenouille.* L'action du curare sur le myocarde est essentiellement la même que sur les muscles volontaires (ralentissement du processus d'excitation), mais plus faible, conformément à la loi générale, le myocarde étant un muscle à chronaxie relativement grande. — MM. **A. Lebœuf** et **P. Braun** : *Notes sur la technique de l'hémoculture au cours des états typhoïdes. L'hémoculture dans l'urine.* L'hémoculture à l'urine est, pour le diagnostic des états typhoïdes dus aux bacilles typhiques et paratyphiques, aussi précise que l'hémoculture à la bile ; elle présente, sur cette dernière, le très gros avantage de pouvoir être employée partout et à tous moments. — M. **Ed. Retterer** : *Causes des variations évolutives de l'épithélium vaginal.* Les conditions locales ou générales modifient profondément la structure et l'évolution d'un seul et même revêtement épithélial. Pavimenteux stratifié dans l'intervalle des gestations, l'épithélium vaginal devient muqueux au cours de la gestation, comme s'il se préparait à lubrifier le vagin pour faciliter l'expulsion du fœtus. Si ce même épithélium est soumis à l'irritation chronique, ses cellules prennent la structure d'éléments en voie de kératinisation et se transforment finalement en une épaisse couche cornée. — MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *De la rate des Ruminants cavicornes.* Comme les ganglions lymphatiques, la rate est un organe sanguiformateur, et, par sa contractilité propre, elle remplit à l'égard du système porte l'office d'un véritable cœur. La rate des Ruminants subit, en outre, l'effet des contractions de l'estomac et du diaphragme et peut, lors de l'apport des substances absorbées par les veines mésentériques, déverser dans la veine porte le plasma et les éléments figurés absorbés par le parenchyme splénique.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 Février 1916

MM. **E. Colardeau** et **J. Richard** : *Stéréoscopie pseudoscopique. Application à l'observation des radiographies des blessures de guerre.* Lorsqu'on examine une épreuve stéréoscopique en interchangeant les deux vues droite et gauche dont elle se compose, c'est-à-dire en plaçant devant l'œil droit la vue normalement destinée à l'œil gauche et réciproquement, on obtient, comme on sait, un effet de relief inversé désigné sous le nom de *pseudoscopie.* Les premiers plans de l'objet à trois dimensions reconstitué par la vision binoculaire tendent à passer au dernier plan, tandis que les derniers plans tendent à venir en avant. On peut, avec une épreuve normale faite sur une plaque positive unique, obtenir l'effet pseudoscopique sans avoir à couper cette plaque pour interchanger ses deux moitiés droite et gauche ou sans avoir à faire un tirage spécial du négatif réalisant cette inversion. Il suffit d'intercaler devant les oculaires du stéréoscope un système optique inverseur constitué par un ensemble de deux prismes P_1, P_2 disposés comme l'indique la figure 1. P_1 est un prisme rectangulaire ordinaire à réflexion totale dont l'arête RU est celle d'un dièdre droit et dont la face hypoténuse MNTS est inclinée à 45° sur les deux faces MRUN et RSTU du dièdre droit. P_2 est un prisme tétraédrique dont les deux dièdres MN et OP sont droits et orientés orthogonalement l'un à l'autre dans l'espace. L'arête OP est inclinée à 45° sur chacune des faces MON, MPN. Ces deux prismes sont collés au baume de Canada par la face MPN du prisme P_2 et la face MRUN du prisme P_1. Un rayon lumineux A_1 entrant en B_1 par la face RSTU du prisme P_1 se réfléchit totalement en C_1 sur la face hypoténuse de ce prisme. Il traverse en D_1 la face de collage, puis se réfléchit totalement en E_1 sur l'une des faces latérales du prisme P_2 ; il se réfléchit à nouveau totalement en F_1 sur la seconde face latérale de P_2 et enfin il sort de ce

prisme en G_1 par la face MNO : il a, à sa sortie du prisme P_2, une direction G_1H_1 parallèle à sa direction d'entrée A_1B_1 dans le prisme P_1. Un second rayon lumineux A_2B_2 suit, dans le système des deux prismes, un trajet analogue $A_2B_2C_2D_2E_2F_2G_2H_2$ et sort suivant G_2H_2 parallèle à A_2B_2. On voit que l'ordre dans lequel se présentent les deux rayons est changé à la sortie : A_1B_1 qui, à l'entrée, était à gauche de A_2B_2 se trouve à droite à la sortie et réciproquement. C'est cette inversion dans la position des deux rayons qui remplace le relief normal par le relief pseudoscopique. Si, pour observer l'effet pseudoscopique, on prend comme sujet d'expérience une vue un peu compliquée, comme un paysage par exemple, cet effet de relief inversé ne se manifeste ordinairement que d'une manière très incomplète, quelquefois même pas du tout. Cela tient à ce que la forme de l'objet à trois dimensions reconstitué dans ces conditions par la vision binoculaire peut se trouver en contradiction avec les éléments d'appréciation du relief, autres que la vision binoculaire, qui nous permettent de nous rendre compte des dimensions en profondeur du sujet : les effets de perspective, la répartition des ombres et des lumières, le recouvrement mutuel plus ou moins complet des objets les uns par les autres, le diamètre apparent des objets de grandeur connue, mais plus ou moins éloignés, etc. Les sujets qui donnent bien nettement la sensation pseudoscopique sont les figures géométriques simples que l'on se représente aussi aisément avec le relief inversé qu'avec le relief normal. Par exemple, une pyramide construite avec des fils métalliques et photographiée la pointe en avant apparaîtra immédiatement avec sa pointe en arrière par voie pseudoscopique. Dans une radiographie stéréoscopique faite d'après la méthode bien connue du déplacement de l'ampoule (méthode que M. Colardeau a fait connaître à la Société de Physique dans la séance du 19 juin 1896), l'illusion pseudoscopique se produit ordinairement aussi avec une grande netteté, parce que les causes complémentaires d'appréciation du relief énoncées plus haut n'y jouent qu'un rôle tout à fait secondaire ou même nul. Il peut sembler, au premier abord, qu'après avoir examiné une radiographie de ce genre avec le relief normal, il n'y avait aucun intérêt à l'observer pseudoscopiquement pour avoir des renseignements nouveaux sur la répartition en profondeur, dans l'espace, des divers éléments qui la constituent. L'expérience montre qu'en réalité l'observation pseudoscopique, succédant à celle qui donne le relief normal, peut présenter un grand intérêt. Si, par exemple, la partie intéressante du sujet radiographié se trouve au dernier plan dans l'examen avec le relief normal, on se trouvera gêné par les objets placés en avant, malgré leur transparence apparente, et l'attention de l'observateur sera troublée par leur présence dans les premiers plans. Au contraire, par l'observation pseudoscopique, cette partie intéressante sera ramenée en avant : les autres parties du sujet, quoique visibles, cesseront, par le seul fait qu'elles sont rejetées en arrière, de détourner l'attention de l'observateur, qui

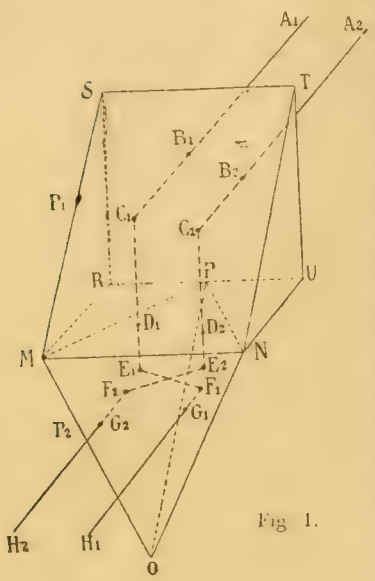


Fig. 1.

appréciera alors d'une manière beaucoup plus nette la répartition des objets dans la région à laquelle il s'intéresse. Supposons, par exemple, qu'il s'agisse de la radiographie du thorax d'un blessé ayant reçu un éclat d'obus logé derrière la colonne vertébrale, entre celle-ci et la peau du dos. Admettons que le blessé ait été couché sur le dos pendant l'opération radiographique. Dans l'examen de l'épreuve avec le relief normal, l'éclat d'obus sera vu au dernier plan à travers la colonne vertébrale et le système antérieur des côtes. Au contraire, dans l'examen pseudoscopique, l'effet produit sera le même que si le blessé avait été couché sur le ventre pendant l'opération radiographique. L'éclat d'obus apparaîtra au premier plan. On appréciera beaucoup mieux que dans le premier cas la distance qui le sépare de la colonne vertébrale et l'opération d'extraction s'en trouvera notablement facilitée. MM. Richard et Colardeau ont combiné un stéréoscope spécial à double jeu d'oculaires instantanément interchangeables, qui permet de passer immédiatement de l'examen du relief normal à l'examen pseudoscopique ou réciproquement. Les oculaires destinés à l'examen du relief normal sont les oculaires ordinaires composés de deux lentilles convergentes jouant le rôle de loupes. Pour l'examen pseudoscopique, on intercale devant chacun de ces oculaires le système des deux prismes inverseurs dont il a été question au début de cette Note. Un système mécanique convenable permet, par la simple manœuvre d'une tirette, de faire cette substitution de l'un des systèmes d'oculaires à l'autre, et par suite de donner à l'observateur la sensation que le blessé a été retourné au-dessus de la plaque radiographique lors de l'examen pseudoscopique. Ce double mode d'observation des radiographies stéréoscopiques complète d'une manière très efficace les renseignements fournis par les procédés de localisation des projectiles en usage aujourd'hui et rend à la fois plus sûre et plus facile la tâche des chirurgiens dans les opérations d'extraction de ces projectiles.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 25 *Février* 1916

M. A. Wahl : *Condensation des éthers mésoxaliques avec les dérivés nitrés.* L'auteur a constaté qu'on peut faire réagir d'une manière régulière les dérivés nitrés des hydrocarbures aliphatiques avec les éthers mésoxaliques, en solution dans l'alcool à froid et en présence de quelques gouttes de pipéridine. Dans ces conditions, le mésoxalate d'éthyle et le nitrométhane donnent, avec un rendement de 75 à 80 %, un composé liquide épais, légèrement jaunâtre, à caractère acide, bouillant à 165° sous 17 mm., d'après l'équation :

$$NO^2CH^3 + CO\begin{cases} CO^2C^2H^5 \\ CO^2C^2H^5 \end{cases} = NO^2CH^2C\begin{cases} CO^2C^2H^5 \\ OH \\ CO^2C^2H^5 \end{cases}.$$

Avec le mésoxalate de méthyle, on obtient un composé cristallisé ; le nitroéthane conduit à un liquide, Eb. 160° sous 12 mm. ; enfin le phénylnitroéthane fournit un composé cristallisé, F. 84°-85°. Il s'agit donc là d'une réaction générale, conduisant à des dérivés nitrés alcools tertiaires se rattachant à l'acide tartronique. Leur caractère acide, dû à la présence d'un atome d'H lié au carbone qui porte NO^2, ne permet pas de les réduire en amines par l'amalgame d'Al ; il se forme un sel d'Al insoluble qui ne se réduit pas.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 27 *Janvier* 1916

Sciences physiques. — **M. J. Joly** : *Un prédicteur de collisions.* Dans un précédent mémoire (voir p. 70), l'auteur a décrit une méthode au moyen de laquelle un marin peut prédire le risque de collision en mer par

temps de brouillard, pourvu qu'il connaisse la direction et la vitesse des deux navires et qu'il puisse déterminer à intervalles réguliers la distance qui les sépare. Une simple construction géométrique donne la solution du problème. Malgré sa simplicité, elle demande un certain temps; aussi l'auteur a-t-il conçu le plan d'un petit instrument, qu'il appelle *prédicteur de collision*, et qui donne encore plus rapidement l'indication désirée. — **M. J. C. Mc Lennan** : *Sur le spectre à une seule ligne du magnésium et d'autres métaux et leurs potentiels ionisants.* L'auteur a reconnu que la vapeur de Mg, comme celles de Hg, Zn, Cd, traversée par des électrons, émet un spectre d'une seule ligne, de longueur d'onde égale à 2.852,22 unités Angström. Le spectre d'absorption de la vapeur de Mg non lumineuse contient une bande d'absorption à la même longueur d'onde, et une autre à $\lambda = 2073,36$. Comme les lignes $\lambda = 2.852,22$ et $\lambda = 2,073,36$ sont respectivement les premiers membres des séries $\nu = 2, p_2 - m$, S et $\nu = 1, 5$, S $- m$, P, le spectre d'absorption de la vapeur de magnésium est analogue à ceux des vapeurs de Hg, Zn et Cd. On en déduit que les potentiels d'ionisation des atomes de Mg sont respectivement de 4,28 et 9,13 volts. Si la théorie de Bohr fournit une explication de l'origine des spectres de lignes, il faut en déduire que Frank et Hertz et aussi Newman ont mal interprété les résultats de leurs recherches directes sur le potentiel ionisant des atomes de mercure. — **M. F. Tinker**: *La structure microscopique des membranes semi-perméables et le rôle joué par les forces superficielles dans l'osmose.* Des microphotographies des membranes communes obtenues par précipitation, prises par une nouvelle méthode, montrent que ces membranes sont composées de petites particules de précipité bien serrées, d'un diamètre de 0,1 à 1 μ. Chacune de ces particules n'est d'ailleurs pas simple, mais constitue elle-même un agrégat formé par la floculation de particules ultra-microscopiques plus petites. Le ferrocyanure de cuivre et le bleu de Prusse ont les plus petites particules, parmi les membranes examinées. Ces membranes présentent la plupart des propriétés physiques des gels préparés par précipitation massive, mais elles n'ont pas la même structure mécanique, la membrane ayant une texture beaucoup plus fine que le gel. Les pores, dans une membrane de ferrocyanure de cuivre, ont de 8 à 60 $\mu\mu$ de diamètre. Leur dimension est telle qu'ils peuvent bloquer mécaniquement les molécules colloïdales, mais non les molécules cristalloïdes ordinaires, même fortement hydratées. L'ordre d'une série de membranes suivant les dimensions de leurs pores est le même que celui de leur efficacité comme membranes semi-perméables. Le ferrocyanure de cuivre et le bleu de Prusse sont les membranes les plus efficaces, et elles ont aussi les pores les plus petits. Il y a un rapport étroit entre les propriétés osmotiques d'une membrane et l'importance du contrôle des forces superficielles sur les capillaires de la membrane. Les effets osmotiques sont probablement le résultat de phénomènes d'adsorption se produisant à la surface de la membrane et dans les capillaires, la membrane étant relativement imperméable aux corps dissous négativement adsorbés, mais perméable aux corps dissous positivement adsorbés. — **MM. E. Newbery et J. N. Pring**: *La réduction des oxydes métalliques par l'hydrogène aux hautes pressions.* Des oxydes métalliques ont été chauffés à des températures allant jusqu'à 2.500° C. dans l'hydrogène sec sous des pressions s'élevant jusqu'à 150 atmosphères; la vapeur d'eau formée était enlevée par le sodium métallique. Dans ces conditions, les oxydes Cr^2O^3 et MnO^2 ont été réduits en métaux; les oxydes suivants ont été réduits en oxydes inférieurs : V^2O^3 en VO, Nb^2O^5 en NbO, U^3O^8 en UO^2, TiO^2 en TiO, CeO^2 en Ce^2O^3; les oxydes suivants sont restés inaltérés : Al^2O^3, MgO, ZrO^2, Y^2O^3, ThO^2. Les métaux obtenus, Cr et Mn, sont probablement les échantillons les plus purs de ces métaux qui aient été préparés jusqu'à présent : ils ont un point de fusion absolument net.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 11 Février 1916

M. C. H. Lees : *Sur une méthode générale de pont pour comparer l'inductance mutuelle entre deux bobines avec la self-inductance de l'une d'elles.* La self-inductance L d'une bobine de résistance S peut être comparée avec l'inductance mutuelle M entre cette bobine et une autre, en faisant de la première bobine un bras d'un pont P Q R S, dont la seconde bobine et une résistance U + V en série forment une diagonale, le galvanomètre formant l'autre. La pile est reliée par une clef au point de contact d'U et de V. Quand on a obtenu un équilibre permanent, on peut faire varier U ou V de façon à avoir un équilibre d'induction pour toute valeur de L/M sans avoir besoin de modifier P, Q, R ou S. Alors $L/M = -[Q + S + [1 + Q/P\ V](T + U)]$. — **M. H. J. S. Sand** : *Une lampe à arc fermée à vapeur de cadmium.* Cette lampe est très analogue comme principe à la lampe à vapeur de mercure; elle est aussi en verre de quartz. Pour l'allumer, le métal est fondu au moyen d'un bec Bunsen, et on fait jaillir l'arc en penchant le tube. Avant d'être introduit dans la lampe, le métal est débarrassé d'oxyde et de gaz dissous par un procédé spécial de filtration dans le vide. On l'empêche d'adhérer au verre, ce qui pourrait provoquer le bris de la lampe, par la présence dans celle-ci d'une petite quantité de poudre inerte. La lampe donne une lumière puissante, et une fois en marche continue à brûler indéfiniment.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 3 Janvier 1916

MM. R. Seligman et P. Williams : *Action des acides acétique, butyrique et propionique bouillants sur l'aluminium, avec une note sur l'action de l'acide formique et de quelques acides supérieurs.* La dissolution d'Al dans l'acide acétique diminue à mesure que la concentration de ce dernier augmente : ainsi un acide à 99 % dissout environ 10 fois moins d'Al qu'un acide à 90 %. Mais l'enlèvement des derniers 0,05 % d'eau élève au centuple le pouvoir dissolvant, tandis qu'au contraire l'addition de 0,05 % d'eau à un acide corrosif suffit à arrêter son action dissolvante. L'action de l'acide à 90 % bouillant donne un acétate basique gélatineux insoluble qui, séché à 100°, possède la composition $Al(O.COCH^3)^2OH$; l'acide acétique déshydraté fournit au contraire un acétate cristallisé qui paraît normal; on l'obtient également en chauffant l'acétate basique avec l'anhydride acétique en tube scellé. Il est très soluble dans l'eau. L'acide butyrique à 99 % bouillant n'a pratiquement aucune action sur Al, mais si on lui retire son dernier pour cent d'eau il devient fortement corrosif; il en est de même pour l'acide propionique. L'acide formique à 77 % bouillant attaque rapidement Al en formant un sel cristallisé. Enfin un mélange d'acides palmitique (55 %), stéarique (40 %) et oléique (5 %) est sans action sur Al au-dessous de 270° C., tandis qu'il l'attaque au-dessus de 300° C. L'immunité de l'Al vis-à-vis des acides organiques concentrés peut tenir à la formation d'une couche continue d'acétate basique gélatineux insoluble à la surface du métal; mais, dès que l'acide est assez concentré pour former un acétate cristallisé, qui ne forme plus une couche continue, la corrosion du métal devient très forte. Il se peut aussi que la vitesse de dissolution d'Al dans les acides organiques soit très élevée, mais qu'en présence d'eau le métal se recouvre d'une couche d'oxyde qui retarde l'action de l'acide. — **M. S. G. Sastry** : *Action de certains hydrocarbures chlorés sur quelques métaux en présence d'humidité.* L'auteur a étudié l'action sur quelques métaux à chaud et en présence d'humidité de certains hydrocarbures chlorés assez employés aujourd'hui

comme solvants des graisses, résines, etc. CCl^4 n'attaque pas l'acier doux, le fer forgé, Ni, Al, et attaque légèrement Cu et Pb. Le dichloréthylène n'agit sur aucun de ces métaux. Le trichloréthylène, le tétra et le pentachloréthane ont une action sur tous ces métaux, surtout en présence de graines oléagineuses; les deux derniers détruisent complètement Al.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 27 Novembre 1915

1° Sciences physiques. — MM. H. A. Lorentz et P. Zeeman présentent un travail de M. **O. Postma** : *Entropie et probabilité.* Examen des difficultés qui se présentent dans la définition de l'entropie comme probabilité d'un état de la matière. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et divariants.* IV. Autre façon de représenter les diagrammes *p*, *T* et application à des systèmes formés d'un nombre quelconque de constituants. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de M. **J. E. Verschaffelt** : *Le frottement interne des gaz liquéfiés. III. Le mouvement rotationnel apériodique d'une sphère dans un liquide visqueux.* L'auteur établit les limites de périodicité du mouvement de rotation oscillatoire d'une sphère dans un liquide visqueux. — M. **W. H. Julius** : *Dispersion anormale et raies de Fraunhofer.* II. Suite de la réfutation des objections faites à la théorie de l'auteur. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de MM. **A. Smits, G. Meyer** et **R. Ph. Beck** : *Sur le phosphore noir.* Examen d'une modification noire du phosphore, obtenue par Bridgman par compression du phosphore blanc à plusieurs milliers d'atmosphères. Sous tension de vapeur, c'est un état métastable qui, à haute température, se transforme en phosphore violet. — M. **Ernst Cohen** : *La métastabilité des éléments et de leurs combinaisons comme conséquence de l'énantiotropie ou de la monotropie et son importance pour la chimie, la physique et les sciences techniques.* I. Tout comme les métaux, les autres éléments solidifiés sont des systèmes métastables, par suite du phénomène général de l'allotropie. Il en est de même des combinaisons chimiques. Les constantes physiques et mécaniques de ces substances sont des grandeurs accidentelles, qui dépendent de leur histoire thermique. — MM. **F. M. Jaeger** et **H. S. van Klooster** : *Recherches dans le domaine de la chimie des silicates. IV. Quelques données relatives aux méta- et orthosilicates des métaux bivalents : béryllium, magnésium, calcium, strontium, baryum, zinc, cadmium et manganèse.* Préparation synthétique des composés. Détermination de leur point de fusion ; les résultats obtenus par la méthode par refroidissement ne méritent aucune confiance. Détermination des caractères optiques et des poids spécifiques des cristaux obtenus par refroidissement lent ou des verres obtenus par refroidissement rapide. Les points de fusion des orthosilicates de baryum et de strontium étaient inaccessibles, de même que celui de l'orthosilicate de béryllium, qui paraît être particulièrement recommandable comme matière réfractaire. — MM. A. F. Holleman et S. Hoogewerff présentent un travail de M. **C. H. Sluiter** : *La composition des chlorures de la formaldoxime.* — MM. J. Boeseken et A. F. Holleman présentent un travail de M. **P. E. Verkade** : *L'acide glutaconique.* I. Examen physico-chimique de quelques particularités de cet acide. — MM. Ernst Cohen et P. van Romburgh présentent un travail de M. **Nibratan Dhar** : *Sur la catalyse.* I. Expériences prouvant que des germes cristallins ne font pas nécessairement cesser la sursaturation de solutions d'autres substances isomorphes; par conséquent, le critérium d'isomorphisme basé là-dessus est en défaut.

2° Sciences naturelles. — MM. L. Bolk et C. Winkler présentent un travail de M. **H. A. Vermeulen** : *Sur l'aire du vague et de l'hypoglosse chez le Phocæna communis.* — M. W. Moll présente un travail de Mlle **Tine Tammes** : *L'action mutuelle de facteurs génotypiques.* Discussion des résultats obtenus par le croisement de trois variétés de lin. On en peut conclure que, lorsque deux caractères se comportent d'une façon tout-à-fait indépendante dans le croisement, il ne s'ensuit pas encore nécessairement qu'il n'y a aucun rapport entre les facteurs qui déterminent ces caractères. — MM. G. A. F. Molengraaff et K. Martin présentent un travail de M. **H. A. Brouwer** : *Sur la tectonique des Moluques orientales.*

Séance du 18 Décembre 1915

1° Sciences mathématiques. — MM. Jan de Vries et W. Kapteyn présentent un travail de M. **Chs. H. van Os** : *Sur les courbes gauches biquadratiques passant par huit points associés.* Etant donnés huit points associés, qui constituent la base d'un réseau de surfaces quadratiques, il passe par ces points une double infinité de courbes gauches biquadratiques, les courbes de base des faisceaux du réseau. L'auteur examine quelques propriétés de ce système, lesquelles sont analogues aux propriétés de faisceaux de courbes cubiques planes, examinés par M. Jan de Vries. — M. **W. de Sitter** : *Sur les plans des orbites des satellites de Jupiter d'après les mesures faites à Berlin.* Comparaison, à l'aide de ces mesures, de la théorie de l'auteur avec celle de Sampson.

2° Sciences physiques. — MM. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de Mlle **H. J. van Leeuwen** : *Quelques remarques sur la molécule d'hydrogène d'après le modèle de Bohr-Debye.* Le modèle que Bohr et Debye ont imaginé pour représenter la molécule d'hydrogène présente la propriété d'être instable lorsqu'il entre en vibration. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent une note de M. **G. J. Elias** : *Sur le changement réversible de l'aimantation rémanente avec la température.* Expériences faites sur le fer et quelques espèces d'acier. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et divariants.* V. Examen de divers types de diagrammes *p*, *T*, qui peuvent se présenter dans un système quelconque à *n* constituants. — M. **Ernst Cohen** : *La métastabilité des éléments et de leurs combinaisons comme conséquence d'énantiotropie ou de monotropie et son importance pour la chimie, la physique et les sciences techniques.* II. Les transformations que le carbonate de calcium subit dans la nature et dans le laboratoire sont celles que fait prévoir la conclusion à laquelle l'auteur était arrivé précédemment: les combinaisons chimiques, tout comme les éléments, sont des systèmes métastables, par suite du phénomène général de la polymorphie.

3° Sciences naturelles. — MM. G. van Rynberk et C. Winkler présentent un travail de M. **S. de Boer** : *La structure et la superposition des dermatomes du tronc chez le chat.* Examen de la superposition partielle de deux dermatomes voisins par la méthode de l'intoxication locale de la moelle épinière par la strychnine. — M. **E. D. Wiersma** : *Sur la valeur de l'enregistrement simultané du pléthysmogramme et de la réaction psychogalvanique.* Cet enregistrement simultané permet d'analyser le travail psychique. Il constitue un moyen de distinguer les anesthésies sensorielles organiques des anesthésies fonctionnelles et de la simulation. Les recherches ont établi le rapport qui existe entre la préoccupation et la stupeur, ainsi qu'entre le sommeil et le coma. — M. **J. K. A. Wertheim Salomonson** : *Contribution à la connaissance du phénomène du réflexe psychogalvanique.* Examen de la polarisation et de la résistance du corps humain durant ce réflexe.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 7 15 AVRIL 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Photographies monochromatiques de Jupiter et de Saturne. — Il y a quelques années, M. R. W. Wood, professeur à l'Université John Hopkins, avait pris plusieurs photographies de la Lune en lumière ultra-violette, qui révélèrent l'existence d'une aire sombre étendue, entourant le cratère Aristarchus, et qui n'apparaît pas sur les plaques faites en lumière jaune, ni ne peut être décelée à l'œil. Des expériences de contrôle, effectuées au laboratoire, suggèrent la possibilité que cette surface lunaire soit recouverte de soufre.

L'auteur, estimant que l'emploi de la même méthode pourrait conduire à des résultats encore plus intéressants dans le cas de certaines planètes, a repris ses recherches en octobre dernier, à l'Observatoire du Mont-Wilson, avec le réflecteur de 60 pouces, et il a pu obtenir une série très complète de photographies de la Lune en lumières jaune et ultra-violette, et une quarantaine de négatifs de Jupiter et de Saturne en lumières infra-rouge, jaune, violette et ultra-violette[1].

Les résultats obtenus pour Saturne sont excessivement intéressants. La photographie infra-rouge, obtenue avec des longueurs d'onde supérieures à 7.200, montre le globe planétaire presque dépourvu de marques superficielles, des traces des faibles bandes étroites apparaissant seules. Les photographies prises avec l'écran jaune montrent les bandes distinctement et donnent à peu près la même impression que les observations visuelles. Sur les plaques faites avec l'écran violet (transmettant les longueurs d'onde 4.000 à 4.500), une bande sombre très large entoure l'équateur de la planète, occupant la région qui est la plus brillante en lumière jaune; en outre, une calotte polaire sombre d'étendue considérable apparaît sur les clichés. Les photographies sont si différentes que, n'était la présence de l'anneau, on croirait difficilement qu'elles représentent le même objet. En lumière ultra-violette, l'apparence est à peu près la même qu'en lumière violette, mais la bande sombre n'est pas aussi étendue, la région claire entre elle et la calotte polaire étant plus large.

Deux hypothèses s'offrent immédiatement pour expliquer la bande sombre. Ou bien il s'agit de poussières ou de brouillards fins, qui forment une extension de l'anneau jusqu'au globe planétaire; cette hypothèse est appuyée par le fait que, sur les négatifs pris en lumière ultra-violette (et à un moindre degré en lumière violette), le ciel entre le globe planétaire et l'anneau est distinctement plus dense que dans la région extérieure; cela indiquerait que la région à l'intérieur de l'anneau est remplie d'une substance qui réfléchit légèrement les radiations de courte longueur d'onde. Aucune trace de cet obscurcissement n'apparaît sur les plaques faites en lumière jaune, même sur une plaque très surexposée, de sorte que le phénomène paraît réel. Toutefois, M. Wood ne pense pas que l'anneau sombre soit dû en réalité à une absorption par des poussières, car il s'étend sur le globe planétaire bien au delà de l'intersection du plan des anneaux. Il semble, d'ailleurs, nécessaire d'expliquer de la même façon la bande équatoriale et la calotte polaire sombres.

La seconde hypothèse suppose l'existence, dans l'atmosphère de la planète, d'une substance capable d'absorber la lumière violette et ultra-violette : poussière ou gaz ; un tel gaz devrait posséder une couleur jaune pâle, et comme tels la vapeur de soufre et le chlore se présentent naturellement à l'esprit. L'auteur a donc examiné le spectre d'absorption de ces deux gaz dans des tubes de quartz; l'absorption paraît beaucoup plus forte dans l'ultra-violet que dans le violet, ce qui ne concorde pas avec ce qu'on observe sur les photographies de la planète. D'autre part, sur la photographie infra-rouge, le globe planétaire est beaucoup plus brillant par rapport à la partie la plus claire de l'anneau que dans les photographies violette et ultra-violette. Ce fait est en faveur de l'existence de poussières ou de brouillards dans l'atmosphère de la planète, qui dispersent les longueurs d'onde les plus courtes.

Des résultats aussi intéressants ont été obtenus dans le cas de Jupiter. En lumière infra-rouge, les bandes

1. *Proceed. of the National Acad. of Sciences*, t. II, n° 2, p. 109-112; Févr. 1916.

sont à peine visibles, tandis que les photographies violettes et surtout ultra-violettes présentent des bandes sombres, dont on n'aperçoit pas la moindre trace sur les plaques prises avec l'écran jaune ou par l'observation visuelle de la planète.

M. Wood se propose de poursuivre ses recherches par la prise de photographies similaires de Mars au moment de sa prochaine approche de la Terre.

§ 2. — Physique

Les pouvoirs de réflexion pour la lumière des peintures blanche et colorées. — On a beaucoup étudié la valeur des divers types d'éclairage artificiel pour les intérieurs; on s'est moins préoccupé du pouvoir de réflexion pour la lumière des parois des pièces où l'on utilise ces éclairages. Des mesures ont cependant été faites sur la réflexion de la lumière par les tapisseries en papier, mais étant donnés la diminution de leur emploi et leur remplacement progressif par la peinture des murs à l'huile, surtout dans les édifices publics, des recherches exactes s'imposaient sur le pouvoir réfléchissant des peintures.

M. H. A. Gardner[1], directeur adjoint de l'Institut de Recherches industrielles de Washington, vient de faire connaître les résultats qu'il a obtenus dans ce domaine à l'aide d'un dispositif nouveau.

Un disque de 9 cm. de diamètre, recouvert d'une couche de la peinture à étudier, est placé au centre d'une sphère intégrante et éclairé par la lumière d'une lampe à filament concentré passant par une ouverture percée dans le sommet de la sphère. La lumière tombe sur le disque sous un angle de 45°. L'intérieur de la sphère ne reçoit que la lumière qui a été d'abord réfléchie par la peinture. Pour effectuer des comparaisons, l'auteur a substitué au disque un bloc plat de carbonate de magnésium, dont le coefficient de réflexion est égal à 88 % d'après les expériences de Nutting, Jones et Elliott. Les lectures étaient faites avec un photomètre portatif.

Les résultats de M. Gardner pour les diverses peintures sont résumés dans le tableau suivant; les différentes colorations ont été obtenues avec une peinture blanche teintée avec une des substances suivantes : jaune de chrome, vert de chrome, bleu de Prusse, rouge Para, ochre de Sienne, noir de fumée, etc.

Couleur	Coefficient de réflexion
Crème clair	66 %
Rose clair	60
Jaune clair	58
Bleu clair	55
Jaune verdâtre clair	54
Chamois clair	52
Vert clair	42
Terre cuite claire	41
Terre cuite moyenne	39
Bleu vert clair	36
Bleu moyen	32
Vert chaud	19
Vert moyen	14
Rouge	12
Bleu foncé	12
Vert	11

L'auteur a également déterminé l'influence de faibles quantités d'impuretés sur le coefficient de réflexion d'un vernis blanc :

	Coefficient de réflexion
Pigment très blanc exempt d'impuretés	66 %
Le même, contenant des traces de fer lui donnant une teinte jaune	64
Le même, additionné d'outre-mer pour corriger la teinte jaune	64
Pigment très blanc avec 1/2 pour cent de noir de fumée (gris clair)	44
Pigment très blanc avec 1 % de noir de fumée (gris)	27

La véhicule de la peinture n'a pas une très grande influence sur le coefficient de réflexion; celui-ci varie de 61 à 66 % seulement pour un pigment très blanc suivant la substance dans laquelle il a été délayé.

1. *Journal of the Franklin Instit.*, t. CLXXI, n° 1, p. 99; Janv. 1916.

§ 3. — Chimie physique

Inflammations des mélanges explosifs par les étincelles électriques. — On sait qu'une étincelle électrique éclatant dans un mélange gazeux détonant peut en déterminer l'explosion. On a considéré pendant longtemps cette inflammation comme liée à la quantité de chaleur dégagée par l'étincelle.

En réalité, le problème paraît beaucoup plus complexe, et de nombreux autres facteurs exercent une influence qui n'est pas négligeable, si même elle n'est pas prépondérante[1].

Si, en effet, la chaleur dégagée intervenait seule, le mode de production de l'étincelle, pour une chaleur dégagée suffisante, devrait être sans effet sur son pouvoir d'inflammation. Or, Thornton a montré que, pour produire une étincelle capable d'enflammer un mélange gazeux, il faut plus d'énergie avec un courant alternatif qu'avec un courant continu.

Des expériences ont été faites récemment, en particulier par Wheeler et Thornton, sur la plus petite étincelle capable d'enflammer un mélange déterminé (méthane et air). On sait d'ailleurs qu'un mélange gazeux n'est inflammable que dans certaines limites de composition. Ainsi des mélanges de méthane et d'air contenant moins de 5,6 % ou plus de 14,8 % de méthane ne peuvent faire explosion; les mélanges les plus sensibles sont obtenus entre 7,5 et 9 % de méthane.

Les mélanges étudiés étaient compris entre ces limites (8 % de méthane). On notait, immédiatement avant la production de l'étincelle efficace, le nombre de volts et d'ampères ou le nombre d'ampères et la self du circuit. Des courbes ont pu être tracées qui indiquent la relation entre le voltage et l'intensité, ou entre l'intensité et la self des circuits qui, lorsqu'ils sont interrompus, donnent naissance à des étincelles capables de déterminer l'explosion. Ces courbes ont un intérêt pratique, car elles indiquent les conditions courantes pour lesquelles une étincelle dangereuse devient possible. Notons en passant que les valeurs du voltage, de l'intensité et de la self donnant une étincelle efficace sont relativement faibles : par exemple, dans un circuit ayant une self de 0,1 henry, il suffit de 0,2 ampère sous 90 volts pour enflammer un mélange méthane-air à 8 %.

Ces nombres sont relatifs à des étincelles isolées. On a constaté, en effet, qu'une étincelle qui, répétée à des intervalles éloignés, est sans effet sur un mélange gazeux, peut en déterminer l'explosion au bout d'un temps plus ou moins long, si elle se reproduit à intervalles très courts. Si, au lieu d'un dispositif permettant des étincelles isolées, on utilise un interrupteur vibratoire comme le trembleur d'une sonnerie, on constate que le pouvoir de combustion, pour une étincelle déterminée, dépend de la durée de l'étincelle aussi bien que des constantes du circuit.

L'énergie d'une étincelle isolée produite par l'interruption d'un circuit est proportionnelle à la puissance $\frac{1}{2} Li^2$, du circuit. Les expériences effectuées ont établi, en réalité, que le pouvoir d'inflammation d'une étincelle, lors de la rupture d'un circuit, dépend plutôt de l'expression $Li^{3/2}$.

1. J. D. Morgan : *The Electrical Review*, 7 janvier 1916.

En sorte que, pour chaque mélange gazeux, il y a une valeur du produit $Li^{3/2}$ au delà de laquelle la rupture du circuit produira l'inflammation du mélange.

En réalité, pour intéressantes que soient ces considérations, elles ne paraissent pas être la traduction exacte des faits. Des étincelles produisant l'inflammation peuvent être obtenues dans des circuits pratiquement sans induction et parcourus par des courants de très faibles intensités. Pour les mêmes valeurs de la self, on obtient des étincelles capables, ou non, d'enflammer un mélange gazeux, suivant la nature des électrodes entre lesquelles jaillit l'étincelle.

Pour ces raisons, les courbes dont on a précédemment signalé l'existence, et qui relient le voltage et l'intensité ou l'intensité et la self d'un circuit dont la rupture donne naissance à une étincelle efficace, utiles en ce qu'elles donnent une idée des énergies favorisant la production de ces étincelles, ne doivent être considérées que comme approximatives et n'être utilisées qu'avec précaution.

L'expérience suivante mérite de retenir l'attention : Un fil de fer chauffé au rouge sombre par le passage d'un courant continu, et qui, approché d'un électroscope chargé, n'exerce sur lui aucune influence, ne peut enflammer un mélange gazeux. En augmentant l'intensité du courant qui parcourt le fil, il arrive un moment où l'électroscope se décharge progressivement ; à ce moment, le fil, introduit dans un mélange détonant, peut en déterminer l'explosion. J. J. Thomson a même montré qu'il était possible d'obtenir l'explosion à froid, en faisant tomber un pinceau de rayons X sur une surface de platine disposée dans le mélange gazeux.

Ainsi le pouvoir d'inflammation semble lié à l'ionisation produite par l'étincelle. Pendant le temps que dure l'étincelle, l'ionisation peut être neutralisée ou se dissiper rapidement : dans ce cas, il n'y a pas inflammation du mélange gazeux. Si la neutralisation est nulle ou très lente, l'inflammation survient instantanément. Entre ces limites existent un grand nombre de conditions intermédiaires qui peuvent expliquer les irrégularités et les contradictions que présentent les recherches expérimentales faites sur l'inflammation des mélanges gazeux.

A. B.

§ 4. — Chimie organique

La constitution des anthocyanines. — Les anthocyanines constituent un groupe de matières colorantes basiques, très répandues dans les fleurs et les fruits. M. R. Willstätter, à qui l'on doit déjà des recherches étendues qui ont permis d'élucider la constitution des chlorophylles [1], a entrepris depuis plusieurs années l'étude de ces substances et a réussi également à en déterminer la nature exacte. [2].

Les anthocyanines appartiennent à la classe des sels d'oxonium, contenant un atome d'oxygène basique quadrivalent. Pour les extraire des fleurs et des fruits, on les traite par l'eau et un acide dilué ; on les sépare le plus facilement à l'état de composés avec l'acide picrique qui cristallisent bien. M. Willstätter et ses élèves ont ainsi isolé vingt de ces matières colorantes sous forme de leurs sels d'oxonium, dont six de fruits et les autres de fleurs.

Dans tous les cas, elles se présentent sous forme de glucosides, contenant 1 ou 2 molécules de dextrose, de galactose et de rhamnose. Par une courte ébullition avec l'acide chlorhydrique à 20 %, les anthocyanines sont hydrolysées en sucre et matière colorante proprement dite, qui est appelée *anthocyanidine*. Dans quelques cas, l'hydrolyse fournit d'autres produits additionnels, comme l'acide *p*-hydroxybenzoïque et l'acide malique.

Les principales anthocyanidines sont : la cyanidine (du bluet), la pélargonidine (du pélargonium) et la delphinidine (du pied d'alouette), et leurs chlorhydrates sont représentés par les formules $C^{15}H^{11}O^{5}Cl$, $C^{15}H^{11}O^{6}Cl$ et $C^{15}H^{11}O^{7}Cl$. Au point de vue de la structure, elles ne diffèrent que par leur teneur en hydroxyles ; à mesure que ces derniers augmentent, la couleur devient plus foncée. Elles perdent toutes leur couleur en solution diluée, par suite de la formation de composés isomères, de carbinols, résultant de la dissociation hydrolytique des sels.

Chimiquement, les anthocyanidines ressemblent beaucoup aux anthocyanines ; elles peuvent en être distinguées par la façon dont elles se comportent vis-à-vis de l'alcool amylique en présence d'un acide dilué : les premières sont complètement dissoutes par l'alcool, les secondes très légèrement.

Par chauffage avec un alcali, les anthocyanidines se dédoublent en phloroglucinol et un acide phénolcarboxylique ou son dérivé méthylé ; sous ce rapport, elles ressemblent donc aux flavones. Les anthocyanines sont des dérivés du phénopyrylium, donc des produits de réduction des flavones. L'expérience a montré que le chlorure de cyanidine pur est un des produits de réduction de la quercétine par le magnésium et un acide en présence de mercure. La synthèse artificielle d'une pélargonidine identique à la matière colorante du pélargonium rouge a été effectuée par l'introduction d'hydroxyles dans le noyau du phénopyrylium.

Quoique les cyanidines homologues soient peu nombreuses, on en a trouvé un grand nombre dans la Nature ; ainsi la delphinidine se présente sous forme de 5 éthers méthyliques distincts unis à un sucre sous forme de glucosides, et le mode variable d'attachement de la molécule de sucre conduit à des composés qui diffèrent de couleur et de fluorescence.

Les anthocyanines sont excessivement répandues dans le monde végétal. La cyanine, diglucoside de la cyanidine, est la matière colorante du bluet, de la rose, du dahlia et de certains pélargoniums ; un isomère, la mécocyanine, produit la couleur écarlate du pavot. Les cerises et les prunelles contiennent des rhamno-glucosides de la cyanidine ; les asters et les chrysanthèmes des dextromonoglucosides isomères. Les glucosides de la pélargonidine se trouvent chez les pélargoniums, les dahlias rouge orange et les asters. Le pied d'alouette, la mauve sauvage et la pensée vivace contiennent de la delphinidine, et la matière colorante du vin est principalement le monoglucoside de l'éther diméthylique de la delphinidine ; on trouve aussi de la delphinidine dans les airelles, les roses trémières et chez certains pétunias.

§ 5. — Photographie

Photographie des couleurs sur papier. — La fabrication du papier *Utocolor* [1] ayant été interrompue, on ne trouve actuellement dans le commerce aucune préparation permettant d'obtenir des épreuves en couleurs d'après des diapositifs autochromes, à moins d'avoir recours aux tirages trichromes par superposition de trois pellicules, opération très délicate, difficile à mener à bien et dont les résultats sont fort incertains. Quant au procédé trichrome par éléments juxtaposés, tel qu'on l'a pratiqué jusqu'ici, il ne fournit pas des images visibles par réflexion et susceptibles d'être montées sur les feuillets d'un album ou encadrées et pendues aux murs : il ne donne que des diapositifs.

En effet, les blancs y sont représentés par la vision simultanée de particules violettes, vertes et rouges : cet

1. M. Tsvett : L'état actuel de nos connaissances sur la chimie de la chlorophylle. *Rev. gén. des Sc.*, t. XXIII, p. 141 ; 1912.

2. *Ber. der deutsch. pharm. Gesellsch.*, t. XXV, p. 438 ; 1915.

1. *Revue générale des Sciences*, 15 mars 1911, p. 171, et 28 février 1914, p. 135.

ensemble, examiné par transparence, procure bien l'impression du blanc, mais il n'en est plus de même si l'on examine par lumière réfléchie la plaque posée sur une feuille de carton blanc.

La résultante des trois pigments vus dans ces conditions est gris foncé, ce qui est insuffisant pour constituer une image vigoureuse, puisque la gamme des valeurs est comprise dans les limites trop étroites qui vont de cette teinte déjà sombre au noir pur. Si l'on essayait de rendre l'image plus claire en augmentant la transparence des éléments colorés, la sélection chromatique serait insuffisante, et l'on n'aurait finalement qu'un coloris trop terne.

Cependant, la Paget Prize Plate C°, de Watford, étudie depuis quelques années l'application de son procédé chromophotographique à l'exécution d'épreuves sur papier. Nous avons décrit, l'année dernière[1], la méthode employée pour obtenir des diapositifs à l'aide des plaques Paget Color.

Rappelons seulement que le réseau sélecteur, constitué par de microscopiques carrés violets, verts et rouges, est indépendant de la plaque sensible. Au développement, on a un négatif quadrillé noir, qui sert à tirer un diapositif noir, lequel, mis en contact avec un réseau coloré identique au premier, reconstitue toutes les couleurs du modèle.

Si, au lieu de tirer un diapositif, on impressionnait un papier au gélatinobromure, l'épreuve appliquée contre l'écran de vision montrerait bien une image en couleurs, mais elle serait beaucoup trop sombre : nous en avons dit plus haut la raison.

Cette difficulté a été surmontée d'une manière très ingénieuse. La Cie Paget emploie pour le tirage un papier spécial au gélatinobromure, à sous-couche argentée, qui réfléchit beaucoup plus de lumière qu'une surface mate, de même que les écrans de projection enduits d'aluminium fournissent des effets notablement plus brillants que les écrans de calicot.

En outre, l'écran de vision applicable aux diapositifs a été remplacé par un écran beaucoup plus transparent et dont la couche gélatineuse est facile à détacher du verre qui lui sert de support provisoire. Cet écran ne pourrait pas servir à la prise du cliché; les couleurs n'en sont pas suffisamment saturées pour réaliser une sélection parfaite. Aussi continue-t-on à employer l'écran sélecteur ordinaire, pour impressionner le négatif.

Celui-ci est donc exécuté comme nous l'avons indiqué en décrivant le procédé diapositif. On le met ensuite en contact avec la couche sensible du papier argenté, on développe, on fixe, on lave, et l'on a ainsi une épreuve positive *noire*, dont les blancs offrent des reflets métalliques qui lui donnent beaucoup d'éclat. Si l'on examine cette image à la loupe, on s'aperçoit qu'elle est constituée par de minuscules carrés, plus ou moins foncés, et qui, une fois appliqués contre l'écran de vision, vont en masquer plus ou moins tels ou tels éléments colorés, de façon à reconstituer toutes les nuances du modèle.

L'épreuve est appliquée, encore humide, contre l'écran de vision, sur lequel elle peut glisser doucement, de manière à faciliter le repérage, qui doit être très précis pour donner un coloris exact. On observe alors des franges colorées, des moires irisées, absolument comme dans le procédé diapositif, et l'on opère comme nous l'avons dit en analysant ce procédé. Quand le repérage est achevé, on abandonne le papier à la dessiccation.

Lorsqu'il est complètement sec, il suffit de soulever l'un des coins avec la pointe d'un canif et d'exercer une traction légère : le papier, en se soulevant, entraîne avec lui l'écran de vision, qui se détache du verre et demeure adhérent à l'image.

L'aspect de cette image rappelle quelque peu celui des daguerréotypes, avec cependant beaucoup plus de tolérance dans le choix de la direction de l'éclairage.

Les peintres assurent que chaque tableau doit être vu « dans son jour », et cette condition s'impose encore davantage pour les surfaces métallisées : c'est ainsi que les écrans enduits d'aluminium ne sont réellement avantageux que dans les salles relativement étroites, car, pour les spectateurs trop éloignés de l'axe optique, les images sont plus sombres que celles qui sont projetées sur une surface mate. De même, la chromophotographie obtenue sur le papier Paget n'est pas également brillante sous toutes les incidences; mais, lorsqu'elle est éclairée de manière à se montrer sous l'angle de la réflexion régulière, elle est réellement très belle. Nous en avons vu quelques spécimens, aux couleurs franches et vives : l'éclat en est même surprenant, si l'on tient compte de l'interposition de l'écran pelliculaire trichrome qui recouvre le positif noir et absorbe au moins un tiers de la lumière incidente.

E. C.

1. *Ibid.*, 30 avril 1915, p. 230.

§ 6. — Biologie

La signification biologique de l'argenture des poissons. — Les poissons vivant à la surface des mers et des eaux douces ont généralement le ventre et les flancs brillamment argentés. Ces mêmes parties du corps, chez les habitants des eaux profondes, sont ternes ou sombres, et cela d'autant plus que le milieu est moins éclairé. Il faut en conclure que l'argenture confère aux poissons pélagiques une immunité toute spéciale vis-à-vis des dangers qu'ils courent dans les couches d'eau superficielles, ou bien qu'elle est apparue sous l'influence directe de certains facteurs agissant d'une façon particulièrement intense au voisinage de la surface.

M. Popoff[1] a donné une interprétation finaliste très élégante de l'utilité de l'argenture en se basant sur les deux faits suivants : 1° vue d'une certaine profondeur, la surface paraît argentée parce que les rayons lumineux obliques qui pénètrent dans le milieu liquide subissent une double réflexion totale, la première de bas en haut en rencontrant de fines particules en suspension dans l'eau, la seconde de haut en bas à la surface de séparation de l'air et de l'eau; 2° les poissons de surface sont constamment pourchassés par leurs congénères carnassiers qui vivent au dessous d'eux.

Or il est évident que l'argenture de leur ventre permet aux poissons pélagiques de se confondre avec le miroir de la surface et d'échapper ainsi à la vue de leurs ennemis. Cette utilité immédiate du revêtement argenté devient de moins en moins grande à mesure que l'éloignement de la surface augmente. Les poissons des eaux profondes et obscures sont ternes parce que tout éclat miroitant leur est inutile.

La sélection naturelle s'est emparée de ce caractère protecteur et seuls les poissons qui le possèdent au plus haut degré ont pu résister à la lutte pour l'existence telle qu'elle se présente dans le milieu pélagique[2].

La théorie de Popoff ne nous renseigne pas sur les causes de l'apparition de l'argenture; son auteur ajoute que nous ignorons totalement l'action des agents du milieu sur son développement. M. P. Murisier vient de reprendre l'étude de cette question, et il a exposé récemment devant la Société vaudoise des Sciences naturelles les résultats qu'il a obtenus[3].

A première vue, il semble que, si l'éclat argenté est propre aux poissons des eaux éclairées et fait défaut aux habitants des eaux obscures, l'influence directe de l'éclairement du milieu mérite d'être prise en considération. Il n'est pas difficile de comprendre, en outre, que les poissons pélagiques vivant entourés de particules réfléchissantes fortement éclairées se trouvent sur

1. *Biolog. Centralblatt*, 1906.
2. Laloy : *Rev. scientif.*, 5e sér., t. VIII, 1907.
3. *Arch. des Sciences phys. et nat.*, 4e pér., t. XLI, p. 75; 15 janv. 1916.

un fond clair qui devient de plus en plus sombre à mesure que l'on descend dans les fonds.

En s'adressant à une espèce très sujette à varier, telle que la truite des lacs (*Trutta lacustris* L., que Lunel a dénommée *Trutta variabilis*), et en élevant, à partir de leur sortie de l'œuf, des truitelles provenant de parents identiques à la lumière vive sur fond blanc réfléchissant, ou sur fond noir mat, ou encore à l'obscurité totale (les autres conditions du milieu, la nutrition restant les mêmes), M. Murisier a observé ceci au bout de neuf mois d'élevage à température élevée (18°) : les truitelles élevées sur fond réfléchissant sont pâles, leur ventre et leurs flancs présentent un magnifique éclat argenté; sur fond noir comme à l'obscurité, leurs sœurs sont sombres et leur argenture est nulle.

Comment expliquer cette différence? La couleur sombre des poissons est produite par un pigment noir contenu dans les cellules étoilées (mélanophores) à prolongements mobiles qui tantôt s'étalent et tantôt se rétractent. Dans le premier cas, les cellules noires forment à la surface du corps de l'animal un écran protecteur continu absorbant les rayons lumineux et empêchant leur action directe sur le milieu interne. Dans le second cas, l'écran disloqué est criblé de larges espaces transparents qui permettent à la lumière de traverser l'organisme de part en part, et de cette pénétration semble résulter le développement de l'argenture.

La dislocation de l'écran pigmentaire noir et l'arrêt de son développement sont dus à une action nerveuse déclanchée par une excitation de la rétine sous l'influence des rayons lumineux réfléchis par le fond. La relation entre l'apparition de l'argenture, la réduction de l'écran pigmentaire et la fonction visuelle est très nette chez les truitelles aveugles; sur fond blanc réfléchissant, leur ventre comme leur dos et leurs flancs est sombre; l'argenture fait défaut, alors que dans des conditions strictement égales les individus normaux sont brillamment argentés.

Il résulte donc de ces expériences, poursuivies pendant plusieurs années, que, chez la truite des lacs, à la première génération issue de parents identiques, l'argenture peut apparaître ou faire défaut, et que son apparition se fait uniquement sous l'influence de la lumière réfléchie par le fond sur lequel l'animal a vécu.

En généralisant le phénomène, il est possible de conclure que l'apparition de l'argenture des poissons résulte de leur adaptation à la vie pélagique et que son existence est avant tout liée à l'action directe du milieu.

§ 7. — Hygiène

L'influence des livres d'école sur la vue. — Le Comité nommé par l'Association britannique pour l'avancement des Sciences en vue de l'étude de cette question vient de publier un nouveau Rapport où il expose principalement les essais faits pour obtenir une mesure objective du lustre du papier[1]. Jusqu'à présent, on s'était contenté d'essais purement subjectifs, qui variaient avec les individus; il arrivait alors qu'un sujet très sensible trouvait qu'un lustre très faible du papier empêchait de lire commodément et fatiguait beaucoup les yeux, tandis qu'un autre sujet de tempérament plus lymphatique considérait comme tolérable un lustre qui aurait rendu l'autre fou.

Le Comité est arrivé à la conclusion que le lustre du papier dépend surtout de la réflexion spéculaire, c'est-à-dire d'une réflexion analogue à celle des métaux polis; une telle réflexion peut intervenir dans la vision binoculaire. La surface idéale du papier pour un livre ne devrait présenter aucune réflexion spéculaire; toute la lumière réfléchie devrait être due à la réflexion diffuse, égale dans toutes les directions et indépendante de la direction du faisceau incident.

En pratique, on constate que, lorsque la réflexion spéculaire ne dépasse pas la réflexion diffuse pour une lumière incidente à 45°, le papier est satisfaisant. Quand la réflexion spéculaire atteint 56 % et la réflexion diffuse 44 % seulement, alors il y a un reflet préjudiciable, surtout en lumière artificielle.

Mais comment déterminer la proportion de ces réflexions. Un des membres du Comité, M. A. P. Trotter, a conçu dans ce but un appareil aussi simple qu'ingénieux. C'est une adaptation habile des principes qui sont à la base du photomètre et du pont de Wheatstone. Dans une caisse de la dimension d'une boîte à microscope ordinaire, on a percé dans le couvercle une fente le long de laquelle on fait glisser une lampe électrique située à l'intérieur. Juste au-dessous de la lampe se trouve un écran qui empêche la lumière directe de la lampe d'atteindre le fond de la boîte; à chaque extrémité de l'écran, un miroir est fixé de façon à réfléchir la lumière autour de l'écran et à illuminer la moitié d'un trou percé dans le fond de la boîte. Le papier à essayer est placé au-dessous de ce trou. Aux extrémités de la caisse, juste en dehors des miroirs, sont pratiquées deux ouvertures pourvues de prismes doubles, à travers lesquels on aperçoit le trou du fond de la caisse et le papier à essayer. En déplaçant la lampe d'une extrémité à l'autre, on peut obtenir un équilibre entre la réflexion spéculaire et diffuse du papier, et la relation est donnée par la position de la lampe dans la fente. La lecture d'un des prismes peut être controlée par celle de l'autre; toutes les deux doivent concorder.

Il est intéressant de constater que les précédents Rapports du Comité de l'Association britannique, qui traitaient particulièrement de l'impression des livres scolaires, sont pris en considération par les imprimeurs et les éditeurs. Ainsi la maison d'édition bien connue « Cambridge University Press » a fait paraître récemment un nouveau traité d'Arithmétique[1] dont les caractères sont conformes aux types proposés dans l'échelle typographique de l'Association britannique. Bien plus, les caractères des différentes parties de l'ouvrage ont été gradués; des caractères plus gros sont utilisés pour les premiers chapitres qui seront lus par des enfants plus jeunes. Il y aurait de grands progrès à réaliser dans cette voie, non seulement en Angleterre, mais dans tous les pays.

§ 8. — Enseignement

A propos de l'enseignement technique et professionnel. — Nous recevons de M. E. Serre, professeur de l'Enseignement technique, la lettre suivante :

« Monsieur le Directeur,

« J'ai lu avec un vif intérêt l'article, très documenté, que vous avez publié sur l'enseignement technique et professionnel[2]. Sans insister davantage sur la nécessité du préapprentissage ou sur l'organisation des cours de perfectionnement, permettez-moi quelques réflexions, suggérées par l'expérience, sur le rôle que cet enseignement devra remplir après la guerre.

« Toute improvisation, surtout en matière économique, est vouée à l'échec. D'autre part, l'empirisme ne saurait engendrer le progrès. Nos ennemis l'ont bien compris quand ils ont créé leurs écoles professionnelles et leurs ateliers d'apprentissage appliqués à toutes les branches de l'activité nationale, quand ils en ont rendu la fréquentation obligatoire pour tous les jeunes gens de 14 à 18 ans. Leurs « technische Hochschule », au nombre de 11 ou 12, peuvent être assimilées à nos écoles

1. *British medical Journal*, n° 2881, p. 424; 18 mars 1916.

1. C. Godfrey et E. A. Price : Arithmetic. 1 vol. in-8° de 480 p. Cambridge University Press, 1915.

2. E. Bertrand : L'apprentissage professionnel. *Rev. gén. des Sciences* du 15 mars 1916, t. XXVII, p. 139.

d'Arts et Métiers, leurs cours d'apprentissage et de perfectionnement à nos écoles nationales professionnelles et pratiques de commerce et d'industrie, mais avec une diversité d'études et une spécialisation beaucoup plus grandes, un contact beaucoup plus étroit avec l'usine ou la maison de commerce dont elles sont, en quelque sorte, des annexes, munies d'un outillage et de méthodes modernes.

« A ces différents points de vue, notre organisation actuelle est insuffisante et défectueuse.

« 1° *Elle est insuffisante*, car il n'existe pas, dans nos écoles professionnelles, de cours d'apprentissage adaptés aux différentes branches de l'industrie locale et régionale. Tel de ces établissements prépare bien des tisseurs, liseurs de dessin, metteurs en carte, teinturiers, pour l'industrie prédominante, mais il néglige de former des apprentis dans d'autres spécialités également très importantes, telles que : tannerie, céramique, etc. Par contre, il produit en abondance des ajusteurs, forgerons, ébénistes, inutilisables sur place en raison du manque de débouchés et d'un placement difficile ailleurs. Tel autre, situé dans un de nos plus grands centres textiles de l'Est, à proximité d'un établissement occupant plusieurs milliers d'ouvriers, ne possède même pas de cours d'apprentissage appliqué à cette industrie. Dès lors, pour qui produit-il ? Comment parvient-il à placer ses apprentis ?...

« Sans doute, nos écoles sont dans la dépendance des faits économiques. La crise cotonnière récente, ainsi que l'extension de certaines industries métallurgiques (automobilisme, aviation...), ne sont pas sans avoir contribué à ce fâcheux état de choses. D'autre part, le voisinage des grands centres (Lyon, Nancy, etc.) ou d'autres établissements d'enseignement supérieur (écoles de filature, de tissage, etc.) est quelquefois préjudiciable à nos cours professionnels, en attirant les élèves les mieux doués ou désirant se spécialiser davantage. Je crois néanmoins que l'on oublie trop souvent le but de nos écoles professionnelles, qui n'est pas de préparer aux grades supérieurs de la hiérarchie industrielle et commerciale, mais de former des apprentis et des cadres subalternes, utilisables *sur place, dans toutes les branches de l'industrie locale et régionale, grâce au contact étroit et permanent de l'école avec le milieu.*

« 2° *Elle est défectueuse*, précisément en raison de ce manque de contact. Nos écoles n'ont généralement que des rapports plus ou moins vagues, intermittents ou lointains avec l'usine ou la maison de commerce, alors qu'une coopération continuelle devrait exister entre ces différents établissements. Les élèves y trouveraient un placement facile, voire même garanti ; ils seraient au courant des méthodes utilisées dans la pratique, des progrès du machinisme, des « tours de main » et procédés spéciaux en usage dans certaines industries (blanchiment, teinture, tannerie, etc.). Les chefs de maison et de fabrication y gagneraient des auxiliaires instruits et éclairés, capables, non seulement d'assurer la bonne marche du service, mais de réaliser des perfectionnements et d'accroître le chiffre des affaires. Le passage de l'école à l'usine ou au comptoir se ferait, en quelque sorte, sans transition, automatiquement.

« Mais ce contact, comment l'établir, l'assurer, le rendre efficace? La plupart des essais tentés dans ce but n'ont-ils pas échoué? Et pourtant, nous connaissons d'excellents chefs d'établissement, animés des meilleures intentions et possédant toutes les qualités requises. Malheureusement leurs initiatives ne trouvent aucun écho ; leurs efforts sont paralysés par l'inertie, le manque de souplesse et d'autonomie des administrations ou des milieux intéressés. Il faudrait, pour y remédier, créer à l'école un budget spécial, donner, sans esprit de parti, dans les Conseils de perfectionnement et les Comités de patronage, une place plus importante aux représentants de l'industrie locale et régionale, prélever la plupart des inspecteurs généraux et départementaux parmi les chefs d'industrie ou de maisons susceptibles d'offrir les débouchés les plus nombreux, les plus rémunérateurs, recruter une partie du personnel enseignant parmi les spécialistes les plus qualifiés ou les praticiens exerçant dans la localité, etc.

« Une autre considération, dont on ne tient aucun compte chez nous, c'est le choix des professions, d'après la faculté d'adaptation des élèves. Il importe que ces derniers soient *sélectionnés* dès leur entrée à l'école, ainsi que cela se pratique dans certaines grandes villes industrielles d'Allemagne. Il est rationnel, il est humain, il est avantageux, au point de vue économique, que les jeunes gens embrassent la profession pour laquelle leur constitution paraît la mieux adaptée, qu'ils s'orientent de façon à réaliser le maximum de travail avec le minimum de force. C'est, comme on le voit, un premier pas vers l'application de la méthode Taylor, si fortement préconisée en Amérique, mais qui — soit dit en passant — présente, à notre avis, de trop graves inconvénients pour qu'on puisse désirer la voir intégralement appliquée.

« Ce qui frappe, à première vue, dans les écoles techniques allemandes, c'est l'étendue des ateliers ou laboratoires et l'abondance ainsi que la qualité du matériel. Ce dernier comprend des modèles plastiques, des appareils de démonstration démontables — généralement réunis en de vastes sous-sols où se transportent maîtres et élèves — et des machines en réduction permettant un travail vraiment industriel pendant lequel ou à la suite duquel ont lieu les explications théoriques du professeur.

« Cette méthode est la seule, selon nous, qui convienne dans un cours professionnel, où les élèves entrent, le plus souvent, avec des idées préconçues, une tendance marquée à négliger tout ce qui n'a pas un intérêt pratique immédiat. C'est pourquoi il est préférable de les mettre tout d'abord en présence des faits et des réalités tangibles de l'expérience. Alors, leur curiosité s'éveille, ils réfléchissent, cherchent le pourquoi des phénomènes et vont d'eux-mêmes au-devant des explications du professeur. Celles-ci sont facilitées, pendant les séances de travaux pratiques, par le nombre généralement restreint des élèves dans chaque spécialité.

« En un mot, c'est de l'expérience, fertile en déductions pratiques, que l'élève ou l'apprenti tirent la majeure partie des connaissances acquises, et c'est de cette même expérience que le professeur induit les lois fondamentales dont les développements restent, bien entendu, subordonnés au niveau ou à l'objet du cours.

« Mais, à côté des cours professionnels proprement dits, il existe, dans nos écoles techniques élémentaires, des cours d'enseignement général, où les élèves acquièrent le complément d'instruction *nécessaire*. Cette nécessité, cependant, n'apparaît pas comme évidente, en certains milieux, où l'on conçoit l'école comme devant mettre l'enfant en état de gagner sa vie le plus rapidement possible. Parce que ces études ne concourent pas directement à l'apprentissage, on en conclut qu'elles sont superflues, voire même inutiles. Enclins à ne considérer, en toute chose, que le côté exclusivement utilitaire, persuadé parfois que le temps consacré à telle ou telle matière est du temps perdu ou pris aux travaux d'atelier, certains élèves ne prêtent qu'une oreille distraite aux leçons du professeur quand ils ne vont pas jusqu'à se faire exempter du cours, ce qui est un exemple déplorable et une cause de désorganisation pour l'école. Il importe de réagir contre cet utilitarisme étroit, en rendant la fréquentation des cours obligatoires, quels qu'ils soient, en sanctionnant toutes les études, à l'examen final de sortie, et surtout en faisant comprendre aux élèves la nécessité des études générales, *comme base à la spécialisation*. Il se confirme en effet, de plus en plus, que l'ouvrier doit posséder des notions très étendues et très précises en mécanique, physique, chimie, s'il veut être autre chose qu'un vulgaire manœuvre, esclave de la matière et du machinisme, s'il veut pouvoir résoudre les difficultés inévitables et s'adapter, le cas échéant, à une autre spécialité. D'autre part, il est inadmissible, dans un pays de libre

démocratie comme le nôtre, où chacun, par son intelligence et son travail, peut être appelé aux plus hautes destinées, que l'apprenti reste ignorant de questions qu'il doit sanctionner par son vote, qu'il ne puisse discerner la vérité de l'utopie et du sophisme, d'où la nécessité des cours d'éducation générale. Mais encore faut-il que l'école soit affranchie de tout esprit dogmatique et primaire, de l'esprit de coterie, des méthodes surannées et étroites, qu'elle devienne, en un mot, un organisme, souple et harmonieux, largement ouvert, mais étroitement adapté à la vie économique du pays. »

E. Serre,
Ingénieur-chimiste,
Professeur de l'Enseignement technique.

§ 9. — Sciences diverses

Comité d'initiative de la Presse médicale et scientifique pour l'expansion économique de la France et des pays alliés. — Tout le monde sait combien la France et les pays alliés se trouvaient avant la guerre tributaires des Allemands au point de vue commercial. Les industries qui fournissaient aux médecins et aux savants tout le matériel nécessaire ont été peut-être le plus touchées par l'envahissement germanique. Instruments de chirurgie, appareils thérapeutiques de toute sorte, thermomètres, étuves, balances, microscopes, appareils d'électricité, de photographie, de projection et de radiographie, lunetterie, verrerie fine et graduée, produits chimiques et médicaments, tout cela nous venait d'Allemagne dans la proportion de 75 °/₀ au moins, et nos maisons nationales périclitaient de jour en jour; nos stations thermales et climatiques françaises, malgré leur réputation ancienne et méritée, luttaient péniblement avec leurs rivales austro-allemandes; encore dix années, et la conquête économique des pays alliés se trouvait accomplie.

Il ne faut pas qu'un pareil état de choses persiste après la guerre, et notre premier soin devra être de briser les liens commerciaux qui nous attachaient à nos ennemis. Cette emprise germanique était-elle vraiment impossible à éviter ? Non ; la France possédait certainement les moyens de satisfaire à presque tous ses besoins pour la pratique de la médecine aussi bien que pour les travaux de laboratoire, et si certains produits et objets pouvaient manquer, on aurait pu se les procurer autre part qu'en Allemagne. Alors, pourquoi s'être laissé envahir ainsi?

C'est que malheureusement chez tous les alliés, en France surtout, trop de fabricants étaient des gagne-petit; ils répugnaient à étendre le champ de leurs affaires; ils attendaient chez eux l'acheteur, craignaient leur peine, ne comprenaient pas la nécessité de l'union et de l'entente, regardant à faire imprimer et à faire traduire des catalogues, hésitant à les répandre et à les tenir au courant.

Pendant ce temps, leurs concurrents allemands, vigoureusement soutenus et poussés par leur gouvernement, avaient appris à s'unir dans des associations riches et puissantes, et n'hésitaient pas à aller chercher la clientèle étrangère, à perfectionner et à organiser mécaniquement leur fabrication, à imprimer périodiquement de luxueux catalogues, largement répandus dans le monde entier, *à se faire représenter partout.* De cette méthode excellente, il est résulté qu'il était plus facile à l'acheteur d'être renseigné sur la production allemande que sur celle de son propre pays.

La connaissance de ces faits indique le remède. Certainement médecins et savants des pays alliés sont fermement décidés à favoriser les industries nationales et à chercher dans les pays amis tous les objets qui ne sont pas fabriqués chez eux. Mais il est évident que cette résolution ne saurait devenir applicable que si nos fabricants renoncent à leurs habitudes de parcimonie et à leurs sentiments exagérés d'individualisme. Il faut qu'ils soient décidés à s'unir et à s'entendre pour des actions communes, à donner satisfaction aux demandes, et surtout à publier et à répandre des catalogues en diverses langues.

Il faut également que les gouvernements, et particulièrement le gouvernement français, aident les industriels dans leurs efforts pour élargir leur activité économique. Jusqu'ici, il faut le reconnaître, les commerçants français n'ont pas été suffisamment soutenus par nos consuls dans leurs tentatives d'action à l'étranger; de ce côté il y a encore beaucoup à demander et à obtenir.

Ces questions ont été souvent débattues dans la presse, mais il ne suffit pas de parler, il faut agir; il faut que les groupements professionnels s'organisent pour la lutte, sinon l'oubli se fera rapidement. C'est dans ce but que plusieurs médecins et savants appartenant à la presse scientifique ont pris l'initiative de créer en France, en Angleterre et en Italie, des comités pour l'expansion économique des nations alliées; dès qu'il sera possible, on s'occupera de créations semblables en Belgique, en Russie, en Serbie et au Japon.

Entretenir les médecins et les travailleurs de laboratoires dans le ferme dessein de ne plus favoriser le commerce ennemi, exercer une action incessante sur nos industriels, afin de les amener à perfectionner et à vulgariser les produits de leur fabrication, se tenir au courant de ce qui se fait dans les pays alliés, tel sera le but de l'action des comités d'initiative. Les secrétariats des comités se tiendront en communication; ils réuniront tous les documents utiles.

Le Comité français s'emploiera à obtenir du Gouvernement la création d'un *Office médical et scientifique*, destiné à guider les industriels et à les soutenir dans leurs efforts; cet office fournira aux intéressés tous les renseignements qui leur seraient utiles; il pourrait même au besoin organiser une exposition permanente qui rendrait les plus grands services aux médecins et aux savants de province et de l'étranger, qui y prendraient connaissance de tout ce que notre industrie sera à même de leur fournir.

Le Comité d'initiative français est déjà constitué; il réunit des représentants des principaux journaux médicaux et scientifiques qui paraissent actuellement et des associations de presse : MM. Arnozan (*Journal de médecine de Bordeaux*), G. Bardet (*Bulletin de Thérapeutique*), H. Bouquet (*Association des journalistes médicaux*), Bourquelot (*Journal de Pharmacie et de Chimie*), Forgues (*Montpellier médical*), Fiessinger (*Journal des Praticiens*), Gilbert (*Paris médical*), F. Helme (*Presse médicale*), Janicos (*Bulletin médical*), Landouzy (*Revue de Médecine*), J.-P. Langlois (*Revue générale des Sciences*), Lucas-Championnière (*Journal de Médecine et de Chirurgie pratiques*), Lyonnet (*Lyon médical*), Ch. Moureu (*Revue scientifique*), Ed. Perrier (*Association des écrivains scientifiques*), Quénu (*Revue de Chirurgie*), Albert Robin (*Syndicat de la Presse médicale*).

Dans sa première réunion, le Comité a désigné pour son président M. le professeur Landouzy, et pour vice-présidents MM. les professeurs Bourquelot et Gilbert. M. G. Bardet a été chargé d'exercer les fonctions de secrétaire général. Toute communication intéressant le Comité devra lui être adressée à Paris, 21 rue du Cherche-Midi.

PIERRE CHAPPUIS

ET LE DÉVELOPPEMENT MODERNE DE LA THERMOMÉTRIE

La science métrologique vient de perdre, par la mort subite et prématurée de Pierre Chappuis, un de ses meilleurs adeptes. Demeuré, aux soixante ans qu'il venait d'atteindre, d'une remarquable jeunesse d'esprit et de corps, il était resté en possession d'une habileté expérimentale admirée de tous ceux que passionne la perfection dans la mesure; et l'on ne sait qui, aujourd'hui, pourra mener à bien telle recherche pour laquelle nous comptions sur lui, parce que nul n'y était mieux préparé ni mieux adapté.

I

Pierre Chappuis naquit au Canton de Vaud, d'une vieille famille du pays, où, suivant une longue tradition, le travail manuel et les hautes préoccupations de l'esprit étaient également pratiqués et honorés, et toute sa vie d'homme et de savant fut conduite par cette double direction donnée à son enfance. Il fit à Bâle une partie de ses études, et les acheva à Leipzig. Puis, en 1881, J. Pernet le prit, au Bureau international des Poids et Mesures, comme assistant volontaire.

Le Bureau préludait alors aux travaux qui ont, dans le cours des années, solidement établi sa réputation; O.-J. Broch venait d'être placé à sa tête, et lui donnait les directives avec la haute autorité que lui valait sa longue carrière de diplomate et de savant. M. J.-R. Benoît, spécialement chargé de la mesure des longueurs, amenait la méthode de Fizeau à un haut degré de perfection, et appliquait avec succès le comparateur à la mesure des dilatations. Chacun, au surplus, s'occupait plus ou moins à perfectionner la mesure des températures, pour laquelle on apercevait la possibilité de reviser les conclusions de Regnault, dont, pendant quarante ans, on avait admis sans conteste les résultats. Ces derniers avaient constitué, vers 1840, une magnifique approximation à la vérité; mais la métrologie avait accru ses exigences, et il fallait s'apprêter à lui faire franchir une nouvelle étape.

Il y a une trentaine d'années, chaque opérateur exprimait les dilatations, comme toute autre fonction de la température, en prenant comme variable l'indication propre à son thermomètre. Regnault avait basé ses recherches sur le thermomètre à air. Fizeau, qui s'était servi de thermomètres à mercure à enveloppe de cristal, n'avait pas fait de réduction à une échelle mieux définie. L'établissement de cette échelle et l'indication des moyens d'y ramener toutes les observations thermométriques furent surtout l'œuvre du Bureau international. Il convient d'en rappeler les grandes lignes.

II

Dès les débuts du Bureau international, on avait envisagé divers procédés de mesure des températures, et notamment les procédés électriques. Mais, à cette époque déjà lointaine, et bien qu'à la suite des travaux d'Edmond Becquerel les phénomènes thermo-électriques fussent à peu près débrouillés, c'était encore, pour la métrologie, un saut dans l'inconnu. L'instrument classique de la mesure des températures, le thermomètre à mercure, semblait promettre une plus prompte solution, car le traitement systématique des changements du zéro, enseigné par Pernet, donnait l'espoir de voir s'évanouir la défaveur dont Regnault avait cru devoir le marquer.

Autrefois, les thermomètres étaient fabriqués avec des verres peu fusibles; mais, pour la facilité du travail, autant que pour le bel aspect de l'instrument, on avait assez généralement adopté le cristal plombeux, sans se douter que l'on aggravait singulièrement les défauts qui avaient arrêté Regnault. Même, en Allemagne, on se servait couramment de certains verres de Thuringe, si peu stables que le zéro des thermomètres dont ils étaient faits se déplaçait, d'une façon accidentelle ou progressive, de quantités de l'ordre du degré.

Il fallait d'abord revenir à de plus saines pratiques. L'adoption du verre dur, en 1883, jointe à d'importants perfectionnements dans la construction, amena d'un coup le thermomètre à mercure à une sécurité et une précision qui n'ont guère été dépassées.

A l'étude du thermomètre à mercure, un peu chacun avait travaillé. M. Benoît en avait codifié l'emploi, dans son mémoire sur la dilatation des règles métriques, et il m'avait aussi initié à la pratique de son étude. Je fus assez heureux pour établir, en 1886, ces deux faits : que des thermomètres à mercure d'un même verre industriel fournissent des indications concordantes; et que, s'ils sont faits de verres différents, leurs indications se ramènent les unes aux autres par

une relation mathématique simple. Il s'agissait ici déjà, dans l'exactitude de ces énoncés, de quantités confinant au millième de degré.

Au point de vue expérimental, le plus difficile restait à faire : comparer les thermomètres à mercure au thermomètre à gaz, afin de connaître la vraie signification à attribuer à leurs indications.

Déjà J. Pernet, connu par d'intéressants travaux et surtout par l'élaboration de la technique libérant des résultats des variations passagères du réservoir thermométrique, avait entrepris cette recherche. Ayant travaillé avec succès dans divers établissements scientifiques, il possédait une technique subtile et étendue; de plus, il était animé d'un besoin indéfini de perfection. Ce fut son écueil : son labeur intense tardait à conclure, et pourtant l'expression des dilatations, dont l'étude était activement poussée au Bureau international, ne pouvait se passer de la connaissance précise de la variable inscrite dans les formules. Le Comité international chargea Chappuis de conduire parallèlement une même recherche.

Au sujet du thermomètre à gaz, surtout, l'opinion dominante était celle qui résultait des expériences de Regnault: le thermomètre à air, le thermomètre à hydrogène, et, d'une façon générale, tous ceux qui utilisent des gaz dits permanents, fournissent des indications concordantes.

Chappuis poussa les mesures plus loin que n'avait pu le faire le grand maître de la métrologie, et, au prix d'un labeur soutenu de deux années, il établit avec une parfaite netteté les divergences systématiques entre les thermomètres à hydrogène et à azote; pour accroître la documentation, il étendit les recherches au thermomètre à acide carbonique, qui exagéra les écarts.

Ces résultats montraient la nécessité de serrer davantage les définitions. Après Gay-Lussac, on avait admis, en principe, qu'un gaz *quelconque* pût donner une échelle thermométrique correcte; depuis Regnault, on se limitait aux *bons* gaz; on sut, par les expériences de Chappuis, que, dans les limites de précision atteintes, il fallait *nommer* le gaz thermométrique. La Conférence internationale des Poids et Mesures réunie à Sèvres en 1889 choisit l'hydrogène, par une décision assurément arbitraire, mais qui était fortement motivée par le fait, universellement admis, que l'hydrogène était le plus parfait de tous les gaz. N'oublions pas, en effet, que l'hélium n'était encore soupçonné que dans les astres lumineux, et que l'on ne savait rien de ses propriétés thermodynamiques.

La décision de la Conférence fut assez généralement admise. Toutefois, aux températures quelque peu élevées, l'hydrogène n'est pas d'un maniement facile : il a trop de tendances à fuir. C'est pourquoi, la Reichsanstalt, par exemple, voulut rapporter ses mesures au thermomètre à azote, que l'on tient plus facilement enfermé.

Il y avait là un dualisme dangereux, et d'où il fallait sortir. Chappuis, désormais moins pressé par le temps, reprit l'étude systématique des propriétés des gaz usuels. C'était l'époque où Amagat faisait connaître les résultats de ses splendides recherches, poussées jusqu'à des pressions très élevées, avec la précision que comportait cette incursion d'extrême hardiesse dans les propriétés des gaz. Chappuis ne dépassa pas une pression de deux atmosphères; mais il apporta, dans son investigation, le souci de l'extrême précision. Les données qu'il a mises au jour ont puissamment aidé à établir l'équation caractéristique des gaz, et à déduire, de l'échelle thermométrique à laquelle conduisent les gaz usuels, celle qui est fondée sur des considérations de pure Thermodynamique. Les calculs de M. A. Leduc, H. Callendar, J. Rose-Innes, E. Buckingham, ceux enfin de M. Daniel Berthelot, les plus poussés de tous, ont montré que le thermomètre à hydrogène sous volume constant, dont la pression à 0° est de 1 mètre de mercure, fournit une échelle thermométrique (l'échelle normale) qui, aux températures comprises entre 0° et 100°, diffère de l'échelle absolue ou thermodynamique de quantités inférieures au millième de degré. Aux températures élevées, les écarts de l'échelle normale à l'échelle absolue sont, dans l'état actuel de la thermométrie, inférieurs aux quantités mesurables. Aux températures très basses, au contraire, ils deviennent bien appréciables. A—240°, ils atteignent l'ordre du dixième de degré, quantité qui, au point de vue thermodynamique, est comparable au degré dans la région des températures usuelles. On peut dire qu'ici l'échelle de l'hydrogène est en défaut; et, si l'on descend encore, ce gaz ne tarde pas à se liqué fier, mettant fin aux opérations thermométriques. L'hélium, heureusement, le supplée longtemps encore, comme l'a montré M. Kamerlingh Onnes, dans les recherches admirables qu'il poursuit avec un constant succès dans son laboratoire de Leyde.

Pour les températures élevées, Chappuis put proposer une solution qui évitât les inconvénients de l'hydrogène, et, pourtant, restait correcte. Poussant jusqu'à 200° la comparaison du thermomètre à mercure avec les thermomètres à hydrogène et à azote, il put établir qu'au delà

de 100°, les dilatations de ces gaz sont liées par une fonction sensiblement linéaire. Si donc on prend comme points fixes du thermomètre à azote non plus les points classiques, mais la température d'ébullition de l'eau et une température plus élevée, comme celle de l'ébullition de la naphtaline ou du soufre, ou mieux encore ces deux températures, le thermomètre à azote ainsi gradué donne des indications correctes. C'est là une suggestion expérimentale importante, puisqu'elle met d'accord une définition très généralement admise avec une pratique de laboratoire qui délivre des ennuis.

Les expériences qui conduisirent Chappuis à ces diverses conclusions étaient fort délicates, et exigeaient un labeur considérable. Il y fut beaucoup aidé par son habileté manuelle et cette autre qualité, qu'il possédait à un degré éminent, « l'idée de l'appareil », qui est la vision claire du dispositif propre à conduire au but avec le minimum de peine. Elle devait lui servir dans tous ses travaux.

III

Les matérialisations d'une échelle thermométrique arbitraire sont en grand nombre, mais, entre toutes, les thermomètres à liquide se distinguent par leur extrême maniabilité. Le thermomètre à mercure cesse d'être utilisable à —38°8 de l'échelle de l'hydrogène, point de solidification du mercure. Au-dessous, on n'employait guère, il y a vingt-cinq ans, que le thermomètre à alcool éthylique, qu'Isidore Pierre avait recommandé par exclusion, après l'étude dilatométrique d'un grand nombre de liquides. Mais, entre temps, la technique de la préparation des hydrocarbures avait beaucoup progressé. Et lorsque H. Wild, pour pouvoir mesurer correctement les températures hivernales de la Sibérie, demanda au Bureau international de lui recommander les thermomètres les plus propres à cette opération, on pensa devoir reprendre l'étude de toute la question. Le toluène, qui n'a pas d'isomères, et qui bout, sous la pression normale, à 111°, s'offrit pour la première étape de la recherche. Sa fluidité, beaucoup plus grande que celle de l'alcool, apparut, après quelques essais, comme un avantage supplémentaire très appréciable. Chappuis établit alors, en même temps que l'échelle de l'alcool, étudiée surtout pour permettre de corriger les mesures anciennes, celle du toluène, puis, dans un but d'extension, celle d'un des xylènes et de l'éthylbenzène. Les hydrocarbures supérieurs et à température d'ébullition plus élevée furent abandonnés après quelques essais. Pour la mesure des températures jusque vers — 100°, le thermomètre à toluène est toujours en usage. Ce sont les thermomètres à toluène étudiés au Bureau international que Nansen emporta dans ses héroïques explorations.

La mesure des températures par la résistance d'un fil de platine avait été recommandée par M. H. Callendar et M. E.-H. Griffiths, qui, sans se connaître, l'avaient simultanément élaborée à Cambridge. Les métrologistes anglais avaient, dès lors, attaché un grand prix à la méthode, effectivement précise et en conséquence précieuse; peut-être même avaient-ils attribué une importance exagérée à cette méthode, qu'ils eussent voulu voir universelle, et à laquelle certains d'entre eux proposaient de rattacher la *définition* même des températures. Sur la proposition faite par M. Ch. Chree, directeur de l'Observatoire de Kew, M. J.-A. Harker vint à Sèvres en 1897, apportant tout le matériel destiné à la mesure rapide et précise des résistances électriques, et il entra en collaboration avec Chappuis pour la comparaison du thermomètre à résistance avec le thermomètre à gaz. Le travail fut poussé à des températures plus élevées que celles auxquelles le Bureau international, conformément à son programme, s'était limité jusque-là. Comme première application, les appareils servirent à déterminer la température d'ébullition du soufre, point de repère fort important pour la thermométrie des températures moyennement élevées. Vingt ans plus tard, on discuta beaucoup, au dixième de degré près, sur la valeur de cette température d'ébullition. Chappuis résolut alors de lui consacrer un travail spécial fort étendu, qui constitua l'une de ses dernières recherches.

IV

La connaissance de la dilatabilité de l'eau et du mercure est préalable à celle d'un grand nombre de recherches métrologiques. Chappuis, plus que quiconque, avait eu besoin de connaître la dernière, dans les nombreux calculs de pressions qu'il avait effectués.

Les expériences de Regnault avaient médiocrement marché, et, avec son robuste bon sens, le grand métrologiste avait annoncé un degré de précision peu élevé; la répétition de ses recherches était, au surplus, si difficile, que, plutôt que de les refaire, on avait repris la discussion serrée de ses nombres, et, leur appliquant des méthodes de calcul dont la technique s'était développée entre temps, on avait publié des tables restées classiques, et auxquelles sont attachés les noms de Bosscha, de Broch, de Wüllner. La limite possible d'erreur de ces dernières dépassait néanmoins ce que les métrologistes pouvaient

désormais admettre. Chappuis reprit alors la question, et détermina, conjointement, la dilatabilité de l'eau et celle du mercure, en se servant du thermomètre à poids, avec l'artifice nouveau d'un tube terminal gradué, permettant de faire très exactement le jaugeage correspondant à la quantité de mercure (l'eau, pour la mesure de sa dilatation, était enfermée sous du mercure) écoulée et soumise à la pesée. Ce simple artifice levait l'objection fondamentale que l'on fait ordinairement au thermomètre à poids, de l'incertitude sur la dernière goutte tombée, et élevait considérablement la précision des mesures.

Pour le mercure, le résultat fut inattendu, en ce qu'il montra les résultats de Regnault beaucoup plus voisins de la vérité que lui-même ne l'avait pensé. Admettons qu'une heureuse chance l'avait favorisé, mais remarquons que, dans le domaine des mesures comme ailleurs, ce sont toujours les mêmes qui ont de la chance.

Quelques années plus tard, les expériences faites à la Reichsanstalt par MM. Thiesen, Scheel et Diesselhorst, utilisant la méthode absolue ou de l'équilibre des colonnes, vint confirmer de très près, pour l'eau, les résultats de Chappuis, avec lesquels ils concordent, dans l'intervalle le plus utile, dans les limites du millionième.

Pour le mercure, la concordance avec les habiles métrologistes de Charlottenbourg fut aussi très bonne, tandis qu'une recherche plus récente encore, de MM. Callendar et Moss, vint jeter le doute sur des tables devenues déjà classiques. Ces derniers avaient opéré par la méthode absolue, inaugurée par Regnault, et trouvaient la cause de la divergence dans une insécurité de la méthode relative ou du thermomètre à poids, due à l'anisotropie du réservoir.

La question nécessitait une étude nouvelle. C'est la dernière à laquelle Chappuis se soit consacré. Reprenant les dispositifs ingénieux de Callendar et Moss, et les perfectionnant, il poussa avec un soin extrême les mesures, qui se rapprochèrent beaucoup de ses premiers résultats. Le mémoire décrivant ses appareils et ses mesures paraîtra prochainement dans le tome XVIe des Travaux et Mémoires du Bureau international.

V

Ces travaux de Chappuis, pour divers qu'ils fussent, procédaient cependant du même groupe d'idées; ils étaient tous relatifs à la thermométrie. Cependant, l'étude de la dilatabilité de l'eau était déjà une recherche préliminaire à une autre détermination, inscrite au programme de travail du Bureau international par la Commission de 1872 : la mesure du volume du kilogramme d'eau, dont une relation étendue a été donnée dans la *Revue*[1] au moment même où parut la publication de ce grand ensemble de travaux. Je me bornerai donc à en faire ici un bref résumé.

La détermination de la masse du décimètre cube d'eau ou du volume du kilogramme d'eau comprend deux groupes de mesures : celle d'un volume, rapporté à l'unité fondamentale de longueur, et celle de la poussée d'un corps plongé dans l'eau; car, en raison de la difficulté de mesurer un creux, on doit éliminer d'emblée la pesée du liquide contenu dans un vase dont on admettrait, après mesure, les dimensions intérieures.

Les recherches faites en vue de déterminer la relation entre l'unité de volume et celle de la masse de l'eau qu'il contient ont été nombreuses. Les premières des temps modernes sont dues à Rœmer, qui chercha à réaliser la livre scandinave par la condition qu'elle était égale à la soixante-deuxième partie de la masse du pied cube d'eau. En vue de la construction du kilogramme, Lavoisier et Haüy avaient déjà poussé très loin le travail, que vint interrompre la mort tragique de l'immortel fondateur de la Chimie moderne, et que reprit Lefèvre-Gineau, aidé pendant un temps par Fabbroni.

Quelque défaveur plana, pendant tout le dix-neuvième siècle, sur le travail qui avait conduit à la construction du kilogramme, surtout pour cette raison que tous les opérateurs qui cherchèrent à vérifier cette œuvre fondamentale arrivèrent à des résultats fort divergents; mais ils le furent en plus et en moins, symptôme plutôt rassurant.

C'est vers 1895 que le Bureau international, un peu allégé des travaux de comparaison des étalons, put envisager l'exécution de ce travail.

J'avais été chargé de l'entreprendre, en utilisant, pour la mesure des volumes, les méthodes classiques, de visée des surfaces, ou de contact. Mais, déjà dix ans auparavant, Macé de Lépinay avait montré comment on peut établir une relation entre le volume d'un corps déterminé par une poussée, et ses dimensions, exprimées en longueurs d'onde d'une lumière monochromatique.

A l'époque ou Macé de Lépinay entreprit cette détermination, on pouvait raisonnablement admettre que les longueurs d'onde étaient sensiblement moins bien connues que la relation entre les volumes et les masses. C'étaient donc les longueurs d'onde qu'il en voulut déduire.

Mais, entre temps, M. A.-A. Michelson était

1. T. XIX, p. 262; 1908.

venu au Bureau international, pour mettre en œuvre son admirable méthode de détermination des longueurs d'onde, travail qui fut exécuté avec la coopération de M. J.-R. Benoît. Les longueurs d'onde étaient désormais connues au millionième près (les travaux ultérieurs de MM. Benoît, Fabry et Perot ont confirmé au dix-millionième ceux de MM. Michelson et Benoît), et les termes du problème posé par Macé de Lépinay se trouvaient inversés.

L'habile physicien de Marseille reprit alors ses déterminations, qui, après sa mort, furent achevées par M. H. Buisson, tandis que les déterminations des poussées étaient faites au Bureau international par M. Benoît.

Chappuis, de son côté, élaborant une méthode nouvelle, fondée sur l'observation des franges de Fizeau et de celles de Michelson, pour déterminer les distances des plans arrière et avant d'un cube transparent à un plan de référence, faisait une troisième détermination, complètement indépendante des deux autres.

On connaît le résultat de ces trois déterminations : leur concordance interne est de l'ordre du millionième, et elles ont montré que le travail fondamental n'avait comporté, sur la mesure des dimensions du corps d'épreuve, qu'une erreur de l'ordre du cent millième, circonstance éminemment heureuse pour la perfection métrologique du Système métrique. Quant à l'accord des trois déterminations, dont deux utilisent comme unité intermédiaire une longueur d'onde, on peut le qualifier de véritable triomphe de la Métrologie.

VI

En 1902, Pierre Chappuis quitta le Bureau international, pour aller se fixer à Bâle, où l'attiraient les relations de familles nées de son mariage avec Mlle Esther Sarasin. Une large aisance lui avait permis d'édifier et d'outiller un laboratoire, réplique de celui qui avait connu vingt années de son fructueux labeur. Il n'avait quitté qu'avec regret la France, où il avait noué de solides amitiés, et où il revenait toujours avec joie, se souvenant que sa nomination au grade de chevalier de la Légion d'honneur et celle de membre du Conseil de la Société française de Physique avaient souligné l'estime qu'inspirait sa personne autant que ses travaux.

En Suisse, on mit aussitôt à contribution ses compétences et son dévouement, en le faisant participer aux travaux de diverses commissions, en particulier de celle des Poids et Mesures, dans la période particulièrement importante où fut créé le nouveau laboratoire de Berne, comparable, pour son étendue et la perfection de ses aménagements, à ceux des grands Etats.

Puis, en 1907, lorsque la Société helvétique se réunit à Fribourg, on décida la création d'une Société suisse de Physique, destinée à permettre aux physiciens suisses de participer aux travaux de l'Association internationale des Sociétés de Physique, magnifique projet, que des difficultés de divers ordres ont fait différer, et qui, hélas, a sombré dans la plus grande tourmente qui ait bouleversé le vieux monde. Les suffrages unanimes des physiciens suisses portèrent Chappuis à la première présidence. Ce furent d'heureux auspices, sous lesquels la jeune Société a pris un rapide développement.

L'activité de Pierre Chappuis restait associée au grand projet, esquissé au sein de la cinquième Conférence générale des Poids et Mesures, d'extension de l'unification thermométrique, réalisée une première fois par la Conférence de 1889. L'extraordinaire exploration du domaine des basses températures exige, comme nous venons de le voir, de nouvelles décisions, pour lesquelles la cinquième Conférence a prévu deux étapes distinctes. Dans une première réunion, qui devait avoir lieu au cours de l'année 1914, on devait décider des travaux expérimentaux et théoriques à effectuer afin d'assurer les bases de la discussion au sein d'une seconde réunion, tenue quelques années plus tard, et qui, pour un quart de siècle ou davantage, eût remis de l'ordre dans un domaine où un peu de désordre pourrait s'insinuer. Les travaux expérimentaux devaient être répartis entre les laboratoires les mieux outillés, et celui de Pierre Chappuis eût tenu, dans cette coopération internationale, une place fort honorable. Sachant à peu près la tâche qui lui incomberait, il préparait, sans attendre les décisions, remises à une époque impossible à fixer, les recherches à venir.

C'est dans son labeur quotidien que la mort vint le surprendre, interrompant le cours d'une vie mue tout entière par un noble idéal de perfection.

Ch.-Éd. Guillaume,
Correspondant de l'Institut,
Directeur du Bureau international
des Poids et Mesures.

L'INDUSTRIE DES SPÉCIALITÉS PHARMACEUTIQUES[1]

LES MARQUES ET PRODUITS A NOM DÉPOSÉ

A première vue, les produits pharmaceutiques qui répondent à notre titre peuvent être considérés comme articles commerciaux et par conséquent leur étude pourrait sembler déplacée dans la *Revue générale des Sciences*. Cependant, depuis la guerre, un grand mouvement s'est fait dans les esprits, et de tous côtés on entend dire que les immenses sacrifices d'hommes et d'argent réalisés par la France doivent être compensés par le développement de notre industrie, et, d'autre part, chacun commence à comprendre que c'est la science qui est créatrice d'industries.

En conséquence, ce qu'il s'agit de faire, pour être bien au courant des nécessités pratiques de l'industrie pharmaceutique, c'est-à-dire ce qu'on appelle les *spécialités*, les *marques* et les *produits à nom déposé*, c'est de nous rendre compte des rapports qui peuvent exister entre eux et l'initiative du savant ; si ces produits ne se rattachent par aucun lien aux progrès scientifiques, il est bien évident que le savant s'en désintéressera, sans qu'on puisse l'accuser d'indifférence pour l'intérêt national. Il en sera tout autrement si le concours du savant est nécessaire à leur développement.

I

Avant d'aller plus loin, il me paraît opportun de faire un retour vers le passé, et de rappeler ce qu'on a pu voir au début de l'industrie chimique. Celle-ci est de date très récente ; c'est sous le Consulat, à la fin du XVIIIe siècle, que s'ouvrit rue Jacob, près de la rue Bonaparte, la première maison de produits chimiques qui exista en France, sous la raison sociale : « Fourcroy, Vauquelin, membres de l'Institut, et de Serre ». Inutile de parler des deux premiers : tout le monde sait qu'ils furent d'illustres chimistes ; le troisième était un professeur de la Faculté des Sciences de Clermont, remarqué par Vauquelin au cours de ses inspections universitaires et que celui-ci avait décidé à prendre la direction de la maison qu'il devait créer, sur la demande du Gouvernement.

Ce fait a une grande importance, car il prouve qu'en France, à l'aube des applications de la chimie à l'industrie, nos savants furent les premiers à apporter leur concours. Ce concours ne manqua pas par la suite, car encore aujourd'hui, place de la Sorbonne, sur la porte de la maison Chenal et Douillet, on peut voir : ancienne maison Robiquet et Pelletier, membres de l'Institut.

Je n'ai pas la place pour m'étendre sur la collaboration qui fut primitivement apportée par les savants à l'industrie française; mais je rappellerai pourtant que des professeurs illustres, comme le baron Thénard, Jean-Baptiste Dumas, les Sainte-Claire Deville, n'hésitèrent pas à participer à des affaires industrielles.

Il y a mieux : la première marque de produits pharmaceutiques, le « sulfate de quinine des trois cachets », fut prise par Pelletier et Caventou, deux savants. Et c'est là un précédent qui mérite d'être mis en avant.

Chose bien curieuse, cette collaboration des savants aux applications industrielles disparût peu à peu, sous le second Empire, et peut-être trouverait-on la cause de ce phénomène dans le résultat de la loi Falloux, qui exerça une action modificatrice très importante sur l'esprit de l'Université. Quoi qu'il en soit, à partir de ce moment, les savants français se confinèrent de plus en plus dans leurs laboratoires, et il advint que toute contribution d'un professeur à une œuvre commerciale fut mal jugée. C'était justement l'heure où le phénomène inverse se produisait en Allemagne.

Il existe une brochure très rare, qui fut publiée par Liebig vers 1860, au moment où il revenait de France. L'illustre chimiste allemand avait passé quelque temps dans le laboratoire de Dumas, et dans le travail que je cite — une lettre aux universitaires allemands — il exposa que, si l'industrie chimique était très développée dans notre pays, cela tenait à ce que ses savants se mettaient à la tête de toutes les applications, tandis qu'en Allemagne le professeur jugeait indigne de lui de se livrer à des recherches ayant un but industriel. Le plaidoyer de Liebig fut écouté, et rapidement les professeurs allemands se mirent à la disposition de l'industrie. On sait quel fut le résultat de cette décision, et combien est importante la contribution apportée par les Universités allemandes au développement de l'industrie.

En résumé, si les savants de France se décident enfin à prendre part aux perfectionnements de l'industrie et, comme leurs collègues allemands, à diriger la chimie industrielle, ils ne

1. Cet article est une des réponses à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* (voir numéros des 15 et 30 mars).

feront que reprendre la tradition primitivement établie par les plus illustres de leurs devanciers. Enfin, retenons ce fait très remarquable, la première marque d'un produit pharmaceutique fut prise par des professeurs.

II

Qu'est-ce qu'une spécialité pharmaceutique? On considère comme spécialiste tout pharmacien qui *conditionne* un produit. Autrement dit, une préparation faite d'après ordonnance d'un médecin est ce qu'on appelle une préparation officinale; si, au contraire, le médecin a ordonné un produit qui ne peut être préparé que par certain pharmacien, et qui est vendu par lui, sous une forme spéciale, dans un conditionnement spécial (bouteille, étiquette formant la marque, etc.), c'est ce qu'on appelle une spécialité.

Mais en réalité, sous ce nom, on trouve groupées des variétés de produits assez différents les uns des autres. On peut diviser les différentes spécialités en trois catégories :

1° Médicaments d'apparence officinale, préparés avec ce qu'on peut appeler un tour de main, mais dans lesquels n'entrent que des produits que l'on peut trouver dans toutes les pharmacies;

2° Médicaments très actifs, qui ne peuvent pas être préparés par tous les pharmaciens, dont l'activité dépend du mode de préparation et de la pureté, généralement présentés comme les premiers sous forme de produits d'apparence officinale : sirops, solutions, plus généralement granules ou pilules;

3° Enfin des médicaments chimiques, presque toujours d'origine synthétique, fabriqués seulement par des usines importantes, en raison de la difficulté de leur production, généralement affublés d'un nom commercial qui est la propriété du vendeur : c'est le médicament à nom déposé, qui se vend soit en nature, soit spécialisé.

Nous allons passer en revue chacun de ces types, et établir les arguments qui peuvent plaider soit en faveur, soit à l'encontre de ces différentes formes de médicaments. Mais, avant d'entrer dans les détails, il sera bon de faire remarquer que chacune de ces catégories pourrait être divisée en deux groupes; dans l'un figureraient les produits véritablement sérieux et intéressants pour les médecins et pour les malades, tandis que le second comprendrait les médicaments beaucoup moins intéressants, et dont beaucoup sont même, si l'on peut dire, *indésirables*. J'entends par là ces spécialités de mauvais aloi qui inondent la quatrième page des grands journaux, qui sont même parfois offertes au médecin sous des apparences scientifiques et qui causent à la pharmacie, à la médecine, et aux malades mêmes, des préjudices considérables, parce que leur usage est basé sur l'exploitation de la bêtise humaine.

Je crois très utile de faire cette distinction, car justement ce qui complique beaucoup l'étude de la spécialité pharmaceutique, c'est la mauvaise réputation des derniers produits. Beaucoup de médecins, à juste titre, sont révoltés du charlatanisme qui préside au lancement de certaines affaires, et forcément cette mauvaise disposition s'étend aux drogues de bon aloi, dont l'usage est cependant recommandable.

III. — Spécialités qui représentent un tour de main.

Cette forme de spécialité pourrait être ainsi définie : un produit banal ou une association de produits vulgaires, mis dans une enveloppe spéciale au fabricant. En effet, les drogues qui entrent dans la confection de ces sirops, solutions, élixirs, ou pilules, se trouvent chez tous les pharmaciens; ils sont donc dans le domaine public, et le *contenant* seul appartient en propre aux spécialistes. Parfois la formule est connue; nous avons, par exemple : *solution d'antipyrine* de X, *sirop de bromure de potassium* de Y, *sirop de chloral* de Z; on remarquera que le plus grand reproche fait par les syndicats de pharmaciens et par certains médecins à la spécialité, c'est que cette forme de médicaments est ce qu'on appelle un *remède secret*. En réalité, les préparations du type que je viens de citer ne sont réellement pas des remèdes secrets. Les opposants disent alors qu'il n'est pas tolérable qu'on force un pharmacien à débiter une forme de médicaments qu'il est très facile de préparer dans toutes les officines. A cette objection d'apparence juste, beaucoup de médecins répondront que malheureusement les difficultés de la vie ont amené les pharmaciens à se procurer les drogues d'après le prix et à choisir de préférence la matière première qui coûte le moins.

Il y a pire : les chambres de discipline de pharmacie, dans les grandes villes, ont relevé plus d'une fois des préparations qui avaient été faites en trompant sur la quantité du médicament. Par exemple, on vendait des cachets d'antipyrine fortement mélangés de bicarbonate de soude ou des solutions d'iodure de potassium renfermant le quart de la dose prescrite. Il est bien évident que, dans ces cas, le médecin a le droit d'être

soupçonneux et que le seul moyen qu'il ait de défendre son client contre ces pratiques, c'est de prescrire une spécialité honorablement connue.

Les spécialistes ont encore un autre argument pour défendre ces préparations de luxe. S'il s'agit de médicaments comme le chloral et les bromures, par exemple, le produit doit être très pur pour donner son maximum d'action et pour ne pas risquer certains effets nocifs que les impuretés pourraient provoquer. Il est évident que l'argument a sa valeur : on ne saurait nier qu'un spécialiste a intérêt à soutenir sa marque en purifiant les produits qu'il emploie et en les choisissant non pas d'après le prix du commerce, mais seulement d'après la grande pureté.

Les spécialités qui répondent au type indiqué sont bien des médicaments fabriqués d'après un tour de main qui leur donne certains avantages et qui garantissent leur efficacité. Il en est d'autres qui sont réellement des remèdes secrets, en ce sens que le médecin et le consommateur ignorent la réalité de la formule. Par exemple ce seront des préparations vantées contre la toux, contre la constipation ; le nombre en est immense. Presque toujours, le médicament porte un nom plus ou moins caractéristique de l'usage auquel il est destiné ; on sait qu'il s'agit, soit de produits calmants ou aromatiques, soit de médicaments purgatifs, mais si le prospectus indique vaguement que tels ou tels produits figurent dans la préparation, il se garde de les énumérer tous, et par conséquent il y a là une inconnue pour le médecin. C'est avec raison que celui-ci se dresse contre la prétention de certains pharmaciens à lui imposer des formules secrètes. En effet, dans certaines drogues de ce genre, il existe des produits qui peuvent provoquer chez certains malades particulièrement délicats de véritables accidents. Par exemple, on pourrait citer tel sirop calmant, préconisé contre la toux et la coqueluche, qui renferme de l'aconitine, alcaloïde dangereux, que certains sujets ne peuvent pas supporter. Dans d'autres cas, ce sera une drogue drastique susceptible d'irriter violemment l'intestin des malades qui ont de l'entérite. Certains cachets antinévralgiques contiennent de l'antipyrine ; or il est des personnes qui ne peuvent pas avaler une trace de ce médicament sans éprouver des éruptions très marquées. Il est évident que ces médicaments secrets sont des spécialités que le médecin aura toujours tendance à rejeter, et j'avoue que je ne serais pas fâché de voir une réglementation qui trancherait cette question d'une manière définitive. Cela prouve que l'on aurait avantage à donner à la spécialité un statut légal, ce qui n'a pas été fait jusqu'à présent, puisque la loi ne reconnaît pas la spécialité, et que si l'on prétendait l'exécuter dans toute sa rigueur, toutes les spécialités disparaîtraient.

IV. — Médicaments très actifs caractérisés par le nom de l'auteur ou par une marque

Au début de cet article, j'ai rappelé que les inventeurs de la quinine, Pelletier et Caventou, avaient pris une marque spéciale pour désigner leur sulfate de quinine, sous le nom des « Trois cachets ». Par la suite, lorsque les produits actifs des plantes furent tous découverts, la Pharmacopée s'enrichit d'abord d'alcaloïdes, puis de glucosides très actifs, par exemple l'aconitine, la digitaline, la pelletiérine, etc. Ce sont des corps extrêmement toxiques quand ils sont purs et cristallisés. S'ils sont *amorphes*, ce n'est plus qu'un magma indéfini dont l'activité est très incertaine, et par conséquent d'usage irrégulier. Le médecin et le malade ont donc avantage à ce que tous ces produits soient purs, et le meilleur moyen d'avoir la garantie et la sécurité, c'est de prescrire des *marques*, c'est-à-dire des substances préparées par des maisons connues pour soigner particulièrement ce genre de préparations. A défaut du nom de la maison, le produit pourra être désigné par un nom de fantaisie quelconque qui sera la marque de fabrique. Les mêmes observations peuvent s'appliquer aux produits physiologiques ou à certains produits chimiques de préparation particulièrement délicate. Ainsi, par exemple, les pepsines, les pancréatines, tous les médicaments opothérapiques, substances délicates entre toutes et qui peuvent être dangereuses si elles sont faites avec des matières premières altérées, demandent à être choisis d'après des marques qui offrent au médecin toute sécurité et toute garantie. De même, la préparation des médicaments nouveaux à forme colloïdale étant particulièrement délicate, il paraît nécessaire de les choisir d'après la valeur de la marque qui figure sur l'étiquette.

Tous ces produits peuvent être considérés comme des médicaments scientifiques, en ce sens que la préparation exige des soins particuliers et relève de la chimie la plus sérieuse. L'argument du remède secret ne pourra certainement pas être appliqué à des produits semblables, et le pharmacien ne peut à aucun titre en revendiquer la préparation. Il y a mieux ; aucun pharmacien n'accepterait certainement d'être chargé de la fabrication des alcaloïdes et des médicaments physiologiques qu'il emploie, attendu que cette préparation exige tout un matériel des plus

importants, que les officines ne sauraient avoir à leur disposition.

V. — Médicaments chimiques a nom déposé

Dans les trente dernières années, le formulaire s'est enrichi d'une quantité considérable de médicaments chimiques qui autrefois étaient totalement inconnus. Ce sont des produits organiques de synthèse qui jouissent de propriétés pharmaco-dynamiques énergiques, très variées et bien spécifiées. C'est l'Allemagne qui en avait jusqu'ici le monopole, ou presque ; on sait en effet qu'en France, pour une foule de motifs, on s'était laissé distancer par les voisins. La question a donc une grande importance, car après la guerre actuelle, il est bien certain que notre premier soin va être de nous outiller pour nous suffire à nous-mêmes, pour la production des médicaments.

L'antipyrine est l'un des premiers corps qui fut introduit dans la thérapeutique vers 1884; depuis, on a vu paraître des centaines et même des milliers de substances, mais il faut bien reconnaître qu'il en est à peine une vingtaine qui méritent vraiment d'être considérées comme des médicaments nécessaires. Presque tous ces corps ont une molécule très complexe et le nom de la nomenclature chimique qui leur est dévolu est parfois tellement compliqué qu'il est presque impossible de le retenir. Aussi a-t-on pris l'habitude de les désigner par des noms de convention. *Véronal*, *aspirine*, *pyramidon*, *salvarsan*, *urotropine*, sont les noms pharmaceutiques de dérivés organiques à nom scientifique réellement impossible ou difficile à retenir avec certitude.

Mais ces noms pharmaceutiques ont été *déposés* par le fabricant, qui désire rentrer dans les sacrifices faits pour réaliser son invention. La loi française interdit de breveter les médicaments. Déposer un nom, imposer une marque, c'est tourner la loi, et, en effet, nos tribunaux ont tendance à considérer le nom déposé comme nom *nécessaire* et à ne pas en reconnaître la propriété.

Dans ce cas, c'est couper court en France à toute initiative, c'est arrêter tout espoir d'essor industriel; il faut donc que la loi soit changée si l'on veut permettre à nos chimistes industriels de lutter contre leurs rivaux allemands. Nul ne travaillera à la recherche de médicaments ou de procédés, s'il est menacé de se voir dépouillé par celui qui n'a rien innové.

Pour trouver des médicaments synthétiques, le concours du savant est encore plus nécessaire que pour la préparation des corps actifs dont j'ai parlé dans le précédent paragraphe, car il s'agit là de substances qui présentent un caractère scientifique indéniable.

Tous ces médicaments synthétiques peuvent être vendus en *vrac*, c'est-à-dire en nature, le détail devant être fait par le pharmacien, sous forme appropriée, ou au contraire *spécialisés*, c'est-à-dire vendus sous une forme choisie par le fabricant. C'est encore là un point délicat, car les pharmaciens luttent contre cette spécialisation. Dans ces questions, c'est surtout l'intérêt du malade qu'il faut envisager, et, à ce point de vue, il n'est pas douteux que ces substances sont souvent délicates et que, pour les avoir pures et réelles, il est souvent nécessaire de pouvoir se procurer la marque véritable. Pour cela, le produit spécialisé peut seul donner la garantie absolue, soit au consommateur, soit au fabricant. On peut dire que si la spécialité s'est imposée, malgré la loi, c'est surtout depuis qu'il existe des médicaments chimiques très actifs.

VI. — Importance économique de la spécialité

Il est très difficile d'apprécier avec certitude l'importance de la vente des produits pharmaceutiques spécialisés. Que s'en vend-il en France? On l'ignore, mais le chiffre est certainement très important. On connaît mieux la valeur de l'exportation, parce qu'on possède les statistiques douanières. Or, les chiffres connus prouvent que vers 1900 l'exportation dépassait 20 millions par an.

Cette valeur est très au-dessous de la réalité, car elle n'a été établie que pour les envois dénommés régulièrement *spécialités*. Les expéditions de droguistes et commissionnaires englobent souvent les spécialités avec les produits ordinaires. On sera donc bien proche de la vérité en disant que le chiffre réel devait être compris alors entre 30 et 40 millions.

Mais, d'après les chambres de commerce, le succès de la spécialité française s'est rapidement développé depuis 1900, et on peut considérer que l'exportation a presque doublé en 1913. Par conséquent, elle aurait atteint de 50 à 70 millions au début de la guerre.

Cette évaluation paraît très modeste, car en se basant sur d'autres moyens d'appréciation, il est des économistes qui affirment que l'exportation des spécialités pharmaceutiques françaises ne s'élève pas à moins de 80 à 100 millions par an.

En acceptant comme probables les chiffres de

50 à 70 millions, je reste donc dans des limites raisonnables.

On doit remarquer que ces exportations comportent presque uniquement les médicaments appartenant aux deux premiers groupes que j'ai établis, car notre production en médicaments synthétiques est tellement faible qu'on peut la négliger. Mais il n'en sera pas de même à l'avenir, et nous devons espérer que désormais notre industrie chimique, par suite de la création de guerre des usines productrices de matières premières, va se trouver en mesure de produire des médicaments aussi facilement que l'Allemagne. Or, je suis certainement au-dessous de la vérité en pensant que, de ce fait, l'exportation de médicaments spécialisés pourra facilement doubler. C'est donc sur une exportation minimum de 100 à 150 millions qu'il serait permis de compter. On conviendra que l'importance de cette richesse doit amener à tout faire pour en favoriser la production.

VII. — Conclusions

En résumé, l'industrie productrice de médicaments groupés sous le nom de *spécialités pharmaceutiques*, qu'il s'agisse de *marques* ou de produits à *nom déposé*, tient une place importante dans la production nationale. Nos exportations sur ce chapitre des marchandises de luxe sont considérables.

Si les préparations de nature officinale qui forment le premier groupe de ce genre de produits relèvent certainement et uniquement du domaine de la pharmacie, les médicaments des deux autres groupes (produits très actifs et produits biologiques, médicaments synthétiques) sont de nature essentiellement scientifique et, pour leur préparation et leur étude, on ne saurait se passer de l'initiative et du concours des savants.

En conséquence, les dispositions législatives, les habitudes de nos savants et de nos médecins doivent tendre à favoriser la recherche, l'étude et la vulgarisation de produits susceptibles de développer chez nous une industrie qui était restée jusqu'ici (tout au moins pour les médicaments synthétiques) le monopole de l'Allemagne.

Dʳ G. Bardet,
Directeur du laboratoire d'Hydrologie générale
à l'Ecole pratique des Hautes-Etudes,
Président de la Société de Thérapeutique.

LES PROJECTILES A EXPLOSIFS

L'idée d'employer les explosifs puissants au chargement intérieur des projectiles date de la découverte du coton-poudre par Schönbein. Dès l'apparition de ce corps, sa puissance explosive et son insolubilité dans l'eau attirèrent immédiatement sur lui l'attention des Services militaires des différents pays. Jusqu'alors, la poudre noire seule avait constitué le chargement intérieur des bombes et des obus.

En France, la Commission dite du Pyroxyle, présidée par le Duc de Montpensier, effectua notamment divers essais dans le but précité. L'explosion dans l'âme d'un grand nombre des projectiles chargés en coton-poudre fit abandonner ces recherches.

Ce n'est qu'en 1886, et à la suite des travaux de Turpin sur l'amorçage de l'acide picrique, que la question du chargement des projectiles en explosifs fut reprise de nouveau en France, pour aboutir cette fois définitivement.

I. — Position de la question.

On a réalisé à l'heure actuelle un nombre d'explosifs extrêmement considérable. Cependant, et malgré que beaucoup d'entre eux soient employés par l'industrie, on n'en utilise qu'un très petit nombre pour le chargement des projectiles.

C'est qu'en effet cette utilisation est assujettie à des conditions impératives qui restreignent singulièrement le domaine dans lequel le choix de l'artilleur peut s'exercer.

Un projectile peut exercer des effets destructeurs sur un obstacle, soit par la force vive qu'il possède au moment de son choc sur celui-ci, soit par l'énergie libérée par la détonation de la charge intérieure d'explosif qu'il transporte avec lui. Enfin, et si l'obstacle est très résistant (ce sera par exemple le cas des plaques de blindage protectrices des murailles des cuirassés), l'expérience montre que l'effet produit par la détonation d'une charge explosive éclatant à son contact sera en général insuffisant pour provoquer la rupture de l'obstacle. Celle-ci ne pourra être obtenue que par le passage du projectile lui-même au travers de son épaisseur. S'il s'agit de produire des effets de déblaiement, on devra demander la production de ceux-ci à l'énergie

potentielle de la charge explosive véhiculée par le projectile.

Comme d'ailleurs on ne peut projeter une charge explosive à grande distance qu'en l'enfermant dans une enveloppe métallique très résistante [1], il s'ensuit que, dans la pratique, on produira toujours simultanément les effets destructeurs des catégories envisagées plus haut. Enfin, on peut encore envisager la destruction du personnel comme but principal de l'emploi de l'obus à charge explosive. Dans ce cas, on cherchera alors à produire la rupture du corps d'obus en un grand nombre d'éclats animés de la plus grande vitesse initiale possible. Accessoirement, des effets destructeurs notables pourront encore être obtenus par le choc de l'onde explosive sur les individus placés à proximité du lieu de l'explosion. Selon le cas, on cherchera à faire prévaloir l'un ou l'autre de ces effets.

§ 1. — Caractéristiques des explosifs

Pour entreprendre avec fruit l'étude que nous nous proposons, il convient donc d'étudier ceux-ci en détail. Nous rappellerons tout d'abord quelques notions élémentaires concernant les caractéristiques essentielles des explosifs.

A cet égard, un explosif est théoriquement défini par certaines données dont les principales sont sa force F, son potentiel Q et sa vitesse de détonation.

La force F est égale à : $\frac{p_0 V_0 T}{273}$, expression dans laquelle p_0 représente la pression atmosphérique (en kilogs par cm² = 1,033), V_0 le volume (en litres) des produits gazeux engendrés par l'explosion de 1 kilogramme de l'explosif, mesuré à 0° et sous la pression normale de 760^mm de mercure, et T la température absolue de l'explosion.

Le potentiel Q est le travail correspondant à la détente indéfinie de la même masse gazeuse.

E désignant l'équivalent mécanique de la chaleur, q_0 la chaleur libérée par l'explosion, on a :

$$Q = E\, q_0$$

La vitesse de détonation est celle de la propagation du phénomène de l'explosion à travers un tube métallique en plomb ou en étain rempli de l'explosif considéré.

Enfin, la définition d'un explosif au point de vue qui nous occupe est complétée par la connaissance de son aptitude à la détonation, caractérisée soit par sa sensibilité au choc d'un mouton de masse donnée, généralement comprise entre 20 et 30 kilogs, et tombant d'une hauteur déterminée, soit par sa sensibilité à la détonation d'une amorce de fulminate de mercure d'un poids donné.

Le tableau ci-dessous donne les valeurs de la force et du potentiel afférents aux explosifs usuels.

	F.	Q.
		Tonneaux-mètres
1. Poudre de guerre	3.250	270
2. Fulminate de mercure	5.020	173
3. Azotate d'ammoniaque	5.100	267
4. Picrate d'ammoniaque	7.940	323
5. Acide picrique	9.010	250
6. Coton endécanitrique (coton-poudre)	10.230	457
7. Coton octonitrique (collodion)	8.360	313
8. Nitroglycérine	10.560	669

En ce qui concerne la vitesse de détonation, elle atteint sa valeur maximum dans les corps cristalloïdes tels que l'acide picrique et la nitromannite, où elle est de l'ordre de 7.000 mètres par seconde, pour tomber à 2.500 mètres environ dans les substances liquides ou plastiques telles que la nitroglycérine et la dynamite.

Δ désignant la valeur du rapport ϖ/C du poids ϖ de l'explosif contenu dans une capacité à la valeur C de cette dernière, et α le covolume [1] de la masse gazeuse engendrée par l'explosion (c'est-à-dire le volume limite occupé par ces gaz sous une pression infinie), Noble et Abel ont montré que la pression P (en kilogs par cm²) développée dans ces conditions sur les parois de la capacité C était définie par la formule :

$$P = \frac{f\,\Delta}{1 - \alpha\,\Delta} = \frac{f}{\frac{1}{\Delta} - \alpha};$$

lorsque la densité de chargement Δ devient égale ou supérieure à $1/\alpha$, le dénominateur de P devenant nul, la pression devient infinie. Si résistante que puisse être l'enveloppe contenant l'explosif, elle est alors rompue et ses débris projetés.

L'intérieur d'un projectile étant supposé rempli par l'explosif qui en constitue le chargement, si le poids spécifique S de celui-ci est supérieur à $1/\alpha$, la condition précédente est évidemment remplie.

L'usage de la formule de Noble et Abel suppose implicitement que la composition des produits gazeux, et par conséquent le covolume de la masse entière, reste invariable quelle que soit la pression. En réalité, il n'en est pas ainsi dans la plupart des cas, par suite de la mise en jeu du

1. Il en serait tout autrement si l'on parvenait à propulser la charge explosive au moyen de fusées analogues aux anciennes fusées de guerre.

1. Sarrau a montré que la valeur de α était, pour tous les gaz, très voisine de $V_0/1000$.

principe du déplacement de l'équilibre. En vertu de ce principe, l'accroissement de la pression de la masse gazeuse détermine, lorsque la chose est possible, la formation de composés de plus en plus condensés et, par suite, la décroissance du covolume.

Il résulte que la valeur limite de $1/\Delta$ peut être telle qu'elle reste toujours inférieure à α. Par suite, la pression ne peut plus devenir infinie. Ce cas est celui du coton-poudre.

L'accroissement de la proportion des produits condensés se traduira généralement, d'autre part, par une augmentation corrélative de la quantité de chaleur dégagée q_0 et de la température T de l'explosion. La force croîtrait alors en même temps que la densité de chargement. Ce cas est celui de l'acide picrique.

Quoi qu'il en soit de ces modalités du phénomène de la détonation, on peut dire, d'une manière générale, que l'aptitude d'un explosif à provoquer la rupture des enveloppes qui le contiennent est surtout caractérisée par une valeur élevée de la force et de la vitesse de détonation.

La puissance de déblaiement est principalement fonction de la grandeur de la chaleur q ou, ce qui revient au même, du potentiel.

§ 2. — Effets de la détonation des explosifs

Ces notions théoriques sommaires étant acquises, abordons maintenant la description des effets de la détonation. Nous supposerons d'abord que l'explosif assujetti à la détonation est placé à l'air libre ou contenu dans une enveloppe de faible résistance. L'explosion se produisant, la masse gazeuse qu'elle engendre se détend dans la direction de la moindre résistance, c'est-à-dire de bas en haut. Cette projection de gaz est accompagnée d'une violente aspiration des couches d'air placées au voisinage du sol, aspiration qui se traduit par une brusque dépression barométrique dont l'intensité va s'atténuant rapidement à mesure qu'on s'éloigne du lieu de l'explosion. Sous l'influence de cette dépression, l'air enfermé dans les locaux fermés situés à proximité tend à s'échapper au dehors en projetant vers l'extérieur les parois insuffisamment résistantes de ces locaux (portes, vitres, toitures). Tout semble donc se passer comme si une charge explosive éclatait dans le local même.

Sous l'action de cet afflux de masses d'air animées d'une grande vitesse horizontale, les couches placées à la périphérie de la masse gazeuse produite par l'explosion, et qui sont animées d'un mouvement vertical, prennent parfois un mouvement tourbillonnaire des plus nets. En même temps que se produit cet écoulement gazeux dirigé suivant la verticale, la détonation engendre une onde de choc dont la vitesse de propagation, d'abord très supérieure à celle du son, va s'atténuant très rapidement pour devenir ensuite égale à cette dernière. Il y a donc production d'une discontinuité, et l'on sait que, dans ce cas, la différence de pression existant entre le front de l'onde et le milieu dans lequel se propage cette dernière peut atteindre une valeur très notable.

Des recherches assez nombreuses ont été entreprises sur ce sujet, tant en France qu'à l'étranger. Les plus récentes ont été effectuées par la Commission des Substances explosives[1], qui a reconnu que le rayon limite r des effets dangereux de l'onde pouvait être représenté par la formule :

$$r = K\sqrt{C},$$

dans laquelle r représente une longueur exprimée en mètres, C le poids de la charge en kg, et K un coefficient spécifique de la nature de l'explosif et du degré de sécurité admis. Il résulte de là que, pour des charges variables, les distances correspondant à la production d'un même effet mécanique sont proportionnelles aux racines carrées du poids des charges.

La détonation d'une charge de 100 kg. de mélinite engendre, par exemple, une onde de choc à la surface de laquelle règne une pression supérieure à 10 kilogs par cm² pour une distance de 7 mètres du centre d'explosion. A 10 mètres, cette pression est comprise entre 2 et 3 kilogs, pour tomber à moins de 500 grammes à la distance de 15 mètres. Quant à la vitesse de propagation de cette onde, elle est de 800 mètres par seconde au voisinage du centre d'explosion, de 635 mètres à 5 mètres plus loin, pour tomber à 360 mètres par seconde à la distance de 50 mètres ; à 250 mètres, elle devient égale à celle du son.

Il résulte de ce qui précède qu'un individu placé à quelques mètres de la charge explosive perçoit d'abord le choc de l'onde de pression, à laquelle succède une dépression brusque et un afflux d'air à grande vitesse, mais dirigé vers le centre d'explosion.

Une circonstance fortuite, relevée par M. Arnoux, a permis d'élucider tout récemment l'ordre de grandeur de cette dépression et d'expliquer par là même le mécanisme probable des cas assez nombreux de mort subite non accompagnés de blessures apparentes observés sur les champs de bataille.

1. *Mémorial des Poudres et Salpêtres*, années 1905-1906. Cᵒⁿ des Substances explosives. Etude des effets à distance des explosions. M. Lheure, rapporteur.

En janvier dernier, M. Arnoux recevait d'un officier supérieur, présent au front, un baromètre anéroïde de poche qui avait été mis hors de service par l'explosion d'un obus allemand survenue à trois mètres environ de cet instrument. Après examen de celui-ci, on constata que tous ses organes étaient intacts, mais que l'enregistrement ne pouvait plus s'effectuer, en raison de ce que celui des deux leviers de transmission qui est connecté avec l'aiguille indicatrice ne reposait plus sur l'autre levier, mais était passé en dessous. Il apparut immédiatement que ce phénomène ne pouvait avoir été provoqué que par une dilatation anormale du système anéroïde, provenant elle-même d'une dépression barométrique considérable. Dans la circonstance, l'instrument avait donc enregistré une pression très inférieure à la pression minimum inscrite sur la graduation.

Après avoir remis en place les deux leviers, on plaça l'instrument sous la cloche d'une machine pneumatique et on actionna cette dernière On constata alors que les deux leviers changeaient de position lorsque la pression à l'intérieur de la cloche tombait à 410 mm. de mercure. On conclut de là que l'explosion de l'obus avait provoqué dans son voisinage une dépression statique de 760 mm. — 410 mm., soit 350 mm. de mercure.

Or, d'après les formules de l'aérodynamique, la production brusque de cette dépression donne naissance à un vent d'une vitesse de 276 mètres par seconde, produisant sur une surface plane, normale à la direction de sa propagation, une pression dynamique de 10360 kilogs par m².

Un tel écoulement d'air aura pour effet de coucher et d'écraser sur le sol les individus soumis à son action. Ceux qui y sont soustraits subiront néanmoins l'effet de la dépression brusque calculée plus haut qui lui succède. Sous son action, l'air et l'acide carbonique dissous dans le sang se dégagent immédiatement sous la forme de bulles minuscules ; si leur diamètre est plus grand que celui des artérioles, elles forment autant de bouchons gazeux qui arrêtent instantanément la circulation du sang dans celles-ci, et la mort survient avant qu'elles aient pu se redissoudre dans le sang lorsque la pression reprend sa valeur normale.

Le passage de l'onde de choc, qui s'effectue tout d'abord, peut d'ailleurs fort bien crever le tympan, encore que la durée de son action soit extrêmement courte, comparée à celle de la dépression qui la suit.

Dans tout ce qui précède, il a été uniquement question des effets mécaniques dus au passage de l'explosif de l'état solide à l'état gazeux. La guerre actuelle a encore mis en lumière le rôle pathologique que pouvaient parfois jouer les gaz engendrés ou libérés par la détonation. Sans vouloir entrer dans l'étude des projectiles ayant pour but principal de provoquer l'asphyxie de l'adversaire, on peut remarquer que la plupart des explosifs nitrés employés pour le chargement des obus dégagent une forte proportion d'oxyde de carbone. Bien que le pouvoir toxique de ce gaz soit relativement considérable, il y a lieu d'observer qu'il ne se dégage que quand l'explosion a lieu à l'abri de l'air. Ce sera par exemple le cas d'un projectile faisant fougasse et éclatant dans le sol, ou bien encore d'un obus explosant dans un local de faible capacité. Dans tous les autres cas, l'oxyde de carbone est immédiatement brûlé par l'oxygène de l'air, de telle sorte qu'on n'observe en réalité qu'un dégagement d'acide carbonique. Or, on sait que l'homme peut continuer à vivre dans une atmosphère contenant une très notable proportion de ce dernier gaz.

Examinons maintenant la nature des phénomènes produits par la rupture de l'enveloppe métallique qui constitue le corps d'obus.

Plusieurs cas sont à distinguer suivant que ce corps est en fonte ou en acier. Dans le premier cas, le métal est pour ainsi dire pulvérisé par l'explosif. La poussière métallique engendrée par l'explosion est projetée avec une très grande vitesse ; mais, comme la masse des éclats est extrêmement faible, ils perdent rapidement leur vitesse ; en fait, ils n'ont aucune efficacité après un parcours de quelques mètres.

En réduisant le rapport du poids de la charge d'explosif au poids du projectile, on peut, il est vrai, améliorer quelque peu la fragmentation. On ne saurait toutefois arriver à cet égard à un résultat satisfaisant qu'en réduisant le poids de la charge explosive à une valeur telle que les effets de souffle et la force vive des éclats deviennent eux-mêmes insuffisants.

Comme par ailleurs les conditions relatives à la sécurité exigent que l'obus en fonte ait une épaisseur de parois supérieure à celle de l'obus en acier, il en résulte qu'à tous les points de vue le premier est inférieur au second.

La rupture des enveloppes en acier s'opère, en outre, suivant un mode tout différent de celles en fonte. Si le corps d'obus est mince, il est déchiqueté en éclats longitudinaux à bords tranchants et d'un poids relativement très faible.

Les effets de déblaiement produits par l'action des gaz sur un sol meuble se manifestent dans ce cas par la production d'une souille ayant la forme d'un ellipsoïde allongé, dont le grand axe

serait perpendiculaire à la projection horizontale de la trajectoire. La différence de longueur des deux axes diminue, d'ailleurs, d'autant plus que le projectile s'enfonce plus profondément dans le sol avant d'exploser.

Lorsque les parois de l'obus deviennent plus épaisses, la fragmentation change de caractère et, au lieu des lamelles en biseau précédentes, on observe la production d'éclats d'une forme quelconque, mais dont le poids moyen augmente avec le rapport du poids du projectile au poids de la charge. Pour un projectile donné, la grosseur des éclats fournis par une région de ce même projectile varie en même temps que l'épaisseur de cette région. La vitesse des éclats varie naturellement en sens inverse de leur poids. On peut la mesurer à l'aide de cadres-cibles et de chronographes. Les résultats obtenus ne donnent toutefois que des indications moyennes et sont souvent entachés d'inexactitudes notables, provenant de ce que les fils des cadres peuvent être rompus par l'onde de choc avant d'être traversés par les éclats. Quoi qu'il en soit de ces réserves nécessaires, on observe des vitesses d'éclats pouvant atteindre et dépasser 1200 mètres par seconde, lorsque ceux-ci proviennent de corps d'obus à parois minces.

Les fragments d'ogive et de culot, bien que lancés avec des vitesses moindres, peuvent néanmoins être animés de vitesses supérieures à la vitesse restante du projectile. Dans ces conditions, il peut y avoir projection en retour des éclats de la partie arrière du projectile.

II. — ORGANISATION DU PROJECTILE A EXPLOSIF.

L'organisation du projectile explosif découle rationnellement du rôle qu'on veut lui faire jouer. S'agit-il de produire avant tout des effets de démolition et de déblaiement sur un but peu résistant et situé à des distances assez faibles? on aura recours dans ce cas à des projectiles à faible épaisseur de parois et à grande charge explosive. Comme leur résistance aux effets du tir est par là même relativement faible, il convient par suite de les tirer à faible pression.

On augmentera leur portée et leur pénétration dans l'obstacle en les lançant sous des angles voisins ou plus grands que 45°. Il conviendra par suite de les tirer dans des bouches à feu relativement courtes, telles que les obusiers et les mortiers.

Si l'on veut produire des effets destructeurs à grande distance, on augmentera le poids du projectile, et par suite le calibre. Dans le cas de distances exceptionnelles de l'ordre de grandeur de plus de 20 kilomètres, on sera même amené à employer des canons longs à grande vitesse initiale. Ces bouches à feu tirant à forte pression, il faudra dans ce cas renforcer les parois du projectile, c'est-à-dire, à calibre égal, diminuer le poids de sa charge explosive intérieure.

Ces considérations d'ordre général relatives au corps d'obus étant exposées, il nous reste maintenant à envisager celles relatives au choix de l'explosif et aux conditions de chargement.

§ 1. — Conditions de chargement

Les explosifs industriels sont généralement utilisés à l'état de cartouche que l'on place dans des trous pratiqués à l'intérieur des matières que l'on veut désorganiser. Ils ne subissent donc en principe aucun effort violent.

L'explosif qui constitue le chargement d'un obus doit, au contraire, supporter l'effet des forces d'inertie, de translation et de rotation dues aux accélérations qui prennent naissance dans l'âme de la bouche à feu.

Pour nous rendre compte de la grandeur de ces forces, considérons par exemple l'obus du canon de 75. Ce projectile est soumis pendant le tir à une accélération maximum de l'ordre de 200.000 m. par seconde; son rapport à g (accélération due à la pesanteur) étant d'environ 20.000, il en résulte que les particules matérielles contenues dans l'obus développent à ce moment des efforts d'inertie dirigés vers le culot de celui-ci et égaux à environ 20.000 fois leur poids.

La hauteur du vide intérieur occupé par le chargement étant en moyenne d'environ 20 centimètres, il en résulte qu'en désignant par δ le poids spécifique de l'explosif, la pression en kilogs par cm² exercée par ce dernier sur le culot du projectile est égale à $\frac{20.\ \delta.\ 20.000}{1.000}$ soit $400\ \delta$. En prenant δ égal à 1,5, il en résulte que l'effort qui tend à écraser la colonne d'explosif sur l'arrière du projectile va progressivement en croissant de l'ogive vers le culot et est, au contact de ce dernier, égal à 600 kilogs par cm².

D'autre part, sous l'influence des rayures, le projectile prend un mouvement de rotation dont la vitesse maximum à l'instant où il quitte la bouche à feu est voisine de 300 tours par seconde. A cette vitesse angulaire correspond une vitesse circonférencielle des parois intérieures voisine de 50 mètres par seconde.

Ces chiffres montrent la grandeur des efforts auxquels est soumise la matière du chargement pendant la durée du coup de canon. Cela étant, on conçoit qu'un explosif puissant, bien qu'utilisé sur une vaste échelle par les industries extractives, ou pour l'exécution de travaux de roctage,

soit néanmoins impropre au chargement des projectiles. Quoi qu'il en soit, nous pouvons maintenant préciser les conditions auxquelles doit satisfaire un explosif d'artillerie.

Relativement à ses caractéristiques, il doit en principe avoir une force et une vitesse de détonation aussi grandes que possible. L'observation de cette dernière condition impliquerait l'emploi de substances cristalloïdes ; on doit observer que la réalisation de ce desideratum est néanmoins secondaire, l'expérience montrant qu'on obtient encore une détonation satisfaisante avec des substances plastiques, à la condition de réaliser un amorçage susceptible de transmettre la détonation avec une vitesse suffisamment grande.

En ce qui a trait à la sécurité au tir, l'explosif doit être tel qu'il résiste aux effets d'inertie qui se développent au coup de canon. S'il est solide, ce qui est le cas général, sa structure doit être absolument compacte, et de plus il doit pouvoir adhérer fortement aux parois du projectile.

La réalisation de cette dernière condition a, en effet, pour résultat de soustraire le chargement au frottement résultant de la différence des vitesses de rotation imprimées respectivement au projectile et à l'explosif en raison de l'inertie de ce dernier. La compacité du chargement empêchera toute compression et tout choc à l'intérieur de la masse explosive pendant le parcours du projectile dans l'âme. On peut toutefois passer outre à la condition relative à l'adhérence de l'explosif aux parois de l'obus, en faisant usage du chargement en cartouches. Dans ce mode de chargement, l'explosif, au lieu d'être logé à même la cavité du projectile, est placé dans une enveloppe de métal mince ou de carton, qui à son tour est introduite dans la chambre du projectile, des parois duquel elle est isolée par une couche de vaseline ou de paraffine. Si l'intérieur de la cartouche est solidement cloisonné par des diaphragmes résistants, ce dispositif aura pour résultat de soustraire le chargement aux effets de frottement dus à son inertie de rotation. L'emploi d'une simple cartouche en métal ou en carton paraît d'ailleurs recommandable dans tous les cas où l'on fait usage de projectiles à grande capacité se chargeant par le culot.

On peut alors en effet constituer le chargement à l'aide de plusieurs cartouches séparées. On évite ainsi les difficultés du problème consistant à obtenir par fusion une longue colonne d'explosif parfaitement saine. Dans tous les cas, on s'affranchit du redoutable inconvénient pouvant résulter de la pénétration de l'explosif fondu dans le joint régnant entre le projectile et son bouchon de culot. On se met encore à l'abri de la présence de poussières d'explosif dans les filetages des bouchons de fermeture ou du système d'amorçage.

Si l'explosif était constitué par le mélange d'un corps solide et d'un corps liquide, on se trouverait évidemment dans de meilleures conditions au point de vue de la sécurité, car, dans ce cas, l'échauffement anormal d'un point isolé de la masse serait beaucoup moins à redouter, tout frottement de solide sur solide étant supprimé.

Par contre, un autre inconvénient se présenterait; soit toujours J l'accélération de translation à laquelle le chargement est soumis à un instant donné du parcours du projectile dans l'âme. Il résulte de l'existence de cette accélération que la différence des poids spécifiques apparents des constituants solide et liquide de l'explosif est multipliée par J. Il y a donc tendance à la séparation des deux constituants, suivant l'axe du projectile, à l'instant du départ du coup de canon. Pour que l'emploi d'un tel explosif soit acceptable, il faut donc que la différence des poids spécifiques des constituants de l'explosif soit aussi faible que possible.

On peut enfin envisager théoriquement l'emploi d'explosifs liquides tels que l'explosif de Sprengel (dinitrobenzène et acide azotique; F = 9.949) ou l'une des panclastites de Turpin (nitrobenzène et acide hypoazotique; F = 10.860; naphtaline et acide hypoazotique; F = 11.700). Dans ce cas, la question de sécurité au départ semble complètement assurée; par contre, le mélange intime des constituants ne sera réalisé que si ces derniers sont miscibles.

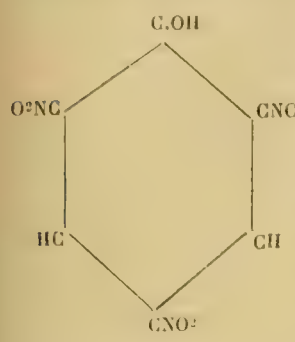
§ 2. — Principaux explosifs utilisés

En fait, on n'a utilisé jusqu'à présent, pour le chargement des projectiles d'artillerie, que des explosifs solides constitués par les dérivés nitrés de la série aromatique[1]. Il convient, par suite, d'étudier les propriétés de ceux de ces corps aujourd'hui utilisés, à savoir : l'acide picrique, le trinitrocrésol, le trinitrotoluène, la trinitronaphtaline et un mélange d'azotate d'ammoniaque et de dinitronaphtaline connu sous le nom d'explosif Favier. Nous y adjoindrons également quelques corps de la même série susceptibles d'être utilisés pour le but que nous avons en vue.

1. *Acide picrique.* — L'acide picrique ou trini-

1 L'artillerie autrichienne avait cependant tenté d'utiliser le mélange d'azotate d'ammoniaque et d'aluminium connu sous le nom d'ammonal. La sensibilité au choc et au frottement des explosifs à base d'Al a dû vraisemblablement faire renoncer à l'emploi de l'ammonal.

trophénol (mélinite, lyddite, schimosé...) se présente sous l'aspect de petits cristaux jaunes, doués d'un pouvoir colorant considérable. Sa solubilité dans l'eau à la température ordinaire est faible et croît lentement à mesure que la température s'élève. Son dissolvant est principalement l'acétone.



La mélinite fond à 122° environ ; c'est un corps dont les réactions sont franchement acides et qui forme avec les métaux (sauf l'étain) des sels cristallins et fortement colorés. D'une manière générale, les picrates sont franchement explosifs et d'autant plus instables que le métal qui entre dans leur constitution est plus lourd. Le picrate de plomb notamment est extrêmement dangereux. Le picrate de fer l'est beaucoup moins, et l'explosion ne peut guère se produire que si l'explosif est humide. Pour éviter sa formation, on vernit ou on étame les parois des projectiles de manière à éviter le contact direct de celles-ci avec l'explosif.

Il résulte d'ailleurs de ce que nous venons de dire du caractère dangereux du picrate de plomb que l'étain employé pour l'étamage doit être extrêmement pur. Le soin d'éviter la production des picrates au cours des opérations de chargement est une sujétion très grande et qui n'a pas peu contribué à la défaveur relative dont jouit actuellement l'acide picrique par rapport à quelques-uns de ses succédanés.

L'acide picrique est susceptible de détoner de plusieurs manières. La détonation dite « complète » est caractérisée par la production d'une épaisse fumée noire tenant à la présence du carbone libre. Dans la détonation dite « incomplète », la fumée de l'explosion est jaune verdâtre ; on constate en même temps le dépôt sur les objets environnants d'une couche d'explosif non décomposé.

L'énergie libérée dans la détonation complète est d'ailleurs plus grande que dans le cas de la détonation incomplète.

Les réactions afférentes à ces deux modes de détonation sont approximativement les suivantes :

Détonation complète $2C^6H^2(NO^2)^3OH = 8CO + 3CO^2 + 3H^2 + 3N^2 + C$

Détonation incomplète $= 11CO + CO^2 + H^2O + 2H^2 + 3N^2$

Il est toutefois vraisemblable que, dans le cas où la réaction engendrée par la détonation s'effectue dans une enveloppe extrêmement résistante, la condensation des produits gazeux engendrés est, en vertu du principe du déplacement de l'équilibre, encore plus marquée que ne l'indiquerait la 1re des deux équations ci-dessus.

En admettant qu'on réalise sous une pression infinie la condensation maximum représentée par l'équation :

$$4C^6H^2(NO^2)^3OH = 14CO^2 + 3CH^4 + 7C,$$

le potentiel correspondant est égal à 573Tm, très supérieur par conséquent à celui qui caractérise la première réaction donnée plus haut. A ces réactions correspondent en effet les caractéristiques ci-après :

	Détonation complète	Détonation incomplète
V_0	= 828 litres	877 litres
t	= 2.832°	2.634°
F	= 9780	9.682
d	= 0,837	0,877
Potentiel .	= 371 Tm	323 Tm

La vitesse de détonation de la mélinite dans les cordeaux détonants à enveloppe de plomb ou ou d'étain est voisine de 7.000 mètres par seconde. Dautriche, avec un amorçage très puissant, a même obtenu une vitesse de 7.645 mètres.

Bien que les propriétés explosives de l'acide picrique fussent connues antérieurement à Turpin, c'est à cet inventeur qu'on doit d'avoir pu les utiliser au point de vue militaire. Turpin a en effet réalisé un mode d'amorçage de cet explosif permettant d'obtenir sûrement sa détonation complète. Son procédé consiste essentiellement à faire agir une amorce de fulminate sur de l'acide picrique pulvérulent. La détonation de ce dernier entraîne à son tour celle de l'explosif fondu.

Nous avons vu précédemment qu'une forte adhérence de l'explosif aux parois du projectile dont il constitue le chargement est une condition essentielle de la sécurité du tir. A cet égard, la mélinite est tout à fait satisfaisante. On peut en effet évaluer à plus de 20 kilogrammes par cm² l'effort nécessaire pour séparer une masse de mélinite de la paroi métallique au contact de laquelle elle a été fondue. Cette adhérence paraît d'ailleurs croître d'une façon notable pendant plusieurs jours à partir de la fusion. Elle est en tout cas supérieure à la cohésion de l'explosif lui-même.

La fusion de l'explosif en vue de sa coulée dans les projectiles s'effectue généralement dans un bain-marie chauffé lui-même au thermosiphon. Bien que la mélinite augmente de volume au moment de sa solidification, l'expérience montre néanmoins qu'il peut se produire des retassures dans le chargement intérieur des projectiles. La pratique a fourni à cet égard des indications qui

permettent de se mettre à l'abri de ce grave inconvénient. Une précaution essentielle consiste à éviter la présence de la mélinite dans les filets de l'œil d'ogive. Autrement, le vissage ultérieur de la fusée ou son appui sur les filets de l'œil au moment du tir risquent de provoquer la détonation du chargement.

L'acide picrique s'obtient par la nitration du phénol. Pour obtenir des produits de composition suffisamment régulière, on n'emploie que du phénol cristallisé fondant à 39°.

Ce dernier corps provient de la distillation entre 150 et 200° C. des goudrons de gaz.

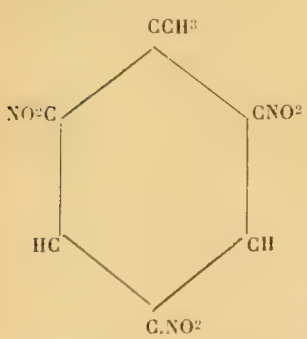
On peut encore obtenir le phénol par synthèse en oxydant la benzine. La série des opérations est la suivante :

La benzine est d'abord traitée par l'acide sulfurique concentré. On ajoute un lait de chaux pour enlever l'acide en excès. La dissolution est ensuite traitée par du carbonate du soude pour obtenir le sulfonate C^6H^5 (SO^3Na). On évapore jusqu'à consistance sirupeuse et on ajoute de la soude, en chauffant, de manière à fondre le produit. Le phénate de soude formé est enfin décomposé par l'acide sulfurique.

Le phénol qui prend naissance est séparé par un traitement à l'éther et purifié par distillation.

Ce phénol rectifié est traité par l'acide sulfurique à 66°B., puis ensuite par l'acide nitrique à 37°B. L'acide picrique obtenu est purifié par des lavages à l'eau successifs suivis d'essorages.

2. *Trinitrotoluène* (tolite, trotyl). — Il a pour formule de constitution :



Ce corps se présente sous forme de petits cristaux jaune pâle fondant aux environs de 81°. Insoluble dans l'eau, la tolite est très soluble dans la benzine et le toluène.

Alors que la mélinite a des réactions franchement acides, le trinitrotoluène est par contre complètement neutre. Il n'exerce donc de ce chef aucune action sur les métaux constitutifs des récipients qui le contiennent. Il est en outre d'un maniement plus commode que la mélinite, car ses poussières ne sont pas irritantes. Il est moins sensible au choc et aussi un peu moins puissant que l'acide picrique (F = 8680). Fondu, il a une très forte adhérence pour les parois du vase qui le contient. La tolite a, par contre, l'inconvénient de donner lieu à de fortes retassures au moment de sa solidification. Sa vitesse de détonation est seulement inférieure de 10 °/₀ environ à celle de l'acide picrique.

On prépare généralement la tolite en trinitrant directement le toluène par un mélange sulfonitrique concentré. La réaction commence à 40° et se termine à 105°. La durée totale du chauffage est d'environ 5 à 6 heures.

La tolite s'amorce comme la mélinite ; elle détone violemment à l'air libre sous la seule action d'un détonateur au fulminate. Elle est employée pour faire des cordeaux détonants à enveloppe de plomb. C'est l'explosif le plus communément employé par les Allemands pour le chargement de leurs projectiles.

3. *Nitrocrésols* (crésylites ou crésylol commercial). — Le crésol est un produit de la distillation des goudrons qui s'obtient entre 185° et 210°. C'est un mélange de 3 isomères, dont les proportions respectives sont très variables. Le crésol se nitre comme le phénol, mais le trinitrocrésol est seul utilisé. En fait, ce dernier corps est constitué par du trinitrométacrésol, qui jouit de propriétés analogues à l'acide picrique. C'est un corps jaune, beaucoup plus incommode à tous égards à manipuler que la mélinite. Ses poussières sont, en effet, plus irritantes et ses vapeurs plus suffocantes. Sa fabrication est similaire de celle de l'acide picrique.

C'est un explosif un peu moins puissant que la mélinite ; il est d'ailleurs facile de s'en rendre compte en remarquant qu'il contient un plus grand excès de carbone et d'hydrogène. Sa combustion est, par suite, moins complète. Mélangé à la mélinite pure dans la proportion de 60 °/₀ de trinitrocrésol contre 40 °/₀ d'acide picrique, on obtient l'explosif connu en France sous le nom de crésylite 60/40. Ce mélange, qui est obtenu par fusion sous l'eau, fond vers 85°, mais dès 65° il est assez plastique pour permettre de réaliser par compression des chargements qui, après refroidissement, sont compacts, amorphes et très homogènes. On obtient ainsi très aisément des chargements sans retassures. C'est là une propriété précieuse et qui justifie l'emploi des nitrocrésols pour le chargement des projectiles.

Malgré que la crésylite 60/40 ait une force (8380) plus faible que celle de l'acide picrique, sa vitesse de détonation (7485 mètres par seconde) est sensiblement la même.

Ainsi que le trinitrophénol, le trinitrocrésol a une fonction acide. Il forme des sels analogues aux picrates et qui sont explosifs. Le crésylate d'ammoniaque offre seul une insensibilité au choc suffisante pour être employé à des usages militaires. En Autriche, il a été utilisé sous le nom d'*écrasite* pour le chargement des projectiles ; sa puissance, inférieure à celle de la mélinite et de la crésylite, est par contre supérieure à celle de la dynamite n° 1.

4. *Trinitronaphtaline ou naphtite* $C^{10}H^5$ $(NO^2)^3$. — La trinitronaphtaline est un corps jaune clair, peu soluble dans l'eau, soluble dans l'acide

acétique et le chloroforme. Sa sensibilité aux chocs est très notablement inférieure à celle de la mélinite, mais elle exige pour détoner un amorçage extrêmement puissant. Enflammée, elle brûle sans exploser avec une flamme fuligineuse et résiste au choc d'une balle de fusil.

On l'obtient en nitrant les mononitro ou les dinitronaphtalènes ; on obtient ainsi un mélange de 3 isomères qui fond vers 110°.

Jusqu'à présent, la naphtite a été peu employée pour le chargement intérieur des projectiles, en raison de la difficulté d'amorçage signalée plus haut. C'est cependant un explosif puissant, qui, brulé dans la bombe, sous la densité de charge $\Delta = 0,3$, donne une pression de 3.275 kilogs par cm^2.

5. *Explosifs Favier et schneidérite.* — Les explosifs Favier sont à base de nitrate d'ammoniaque, auquel on ajoute un carbure peu nitré, et par conséquent peu explosif. Le nitrate d'ammoniaque étant lui-même un explosif peu sensible, le mélange obtenu est doué d'une insensibilité remarquable ; sa température d'inflammation est, en outre, relativement très basse. L'ensemble de ces propriétés explique leur emploi dans les mines comme explosif antigrisouteux. Le mélange de 90 % d'azotate d'ammoniaque et de 10 % de mononitronaphtaline constitue la schneidérite, employée par le Creusot pour le chargement des projectiles. C'est un explosif puissant, caractérisé par une force de 8.400 unités et un potentiel de 415 T.-mètres. Sa vitesse normale de détonation, déterminée par M. Dautriche, a été trouvée égale à 3.585 mètres par seconde pour l'explosif pulvérulent.

Nous avons dit plus haut que la sensibilité au choc des explosifs Favier était très faible ; c'est ainsi que la schneidérite résiste au choc d'une balle de fusil ou d'un mouton très pesant et que, placée sur un rail, une cartouche de cette substance ne détone pas au passage d'un train.

Cette propriété implique par contre la nécessité d'avoir recours à un amorçage puissant pour provoquer sa détonation.

6. *Benzite* $C^6H^3(NO^2)^3$. — La benzite ou trinitrobenzène est un corps cristallisé, blanc, et qui, lorsqu'il est pur, fond à 121-122°. Aussi puissant que la mélinite [1], cet explosif est en outre beaucoup moins sensible aux chocs ; de plus, il n'attaque pas les métaux ; comprimé, sa densité peut atteindre 1,67. Enfin, sa vitesse de détonation, de l'ordre de 7000 mètres par seconde, est égale à celle de l'acide picrique.

Le trinitrobenzène est donc un corps extrêmement intéressant par suite de cet ensemble de propriétés. Son prix de revient assez élevé en limite malheureusement l'emploi. Jusqu'ici, il n'a été employé que pour abaisser la température de fusion de la tolite et augmenter la plasticité des chargements effectués avec ce dernier corps.

Pour la préparer, on oxyde par le bichromate de potasse le trinitrotoluène en solution sulfurique. L'acide trinitrobenzoïque qui prend naissance dans la réaction est ensuite traité par l'eau bouillante ; il perd ainsi le groupement CO^2 et donne le trinitrobenzène. L'alun de chrome formé qui reste en dissolution dans la liqueur sulfurique est précipité par concentration à chaud et est de nouveau transformé en bichromate.

7. *Dérivés nitrés de l'aniline.* — L'aniline (C^6H^7N) est susceptible de fournir une série d'explosifs pouvant être employés au chargement des projectiles. Nous n'examinerons que les plus intéressants d'entre eux.

La *tétranitraniline* se présente sous l'aspect d'un corps cristallisé très analogue à l'acide picrique. On le prépare en chauffant la métanitraniline à 80° avec un mélange d'acide sulfurique concentré.

C'est un explosif extrêmement puissant et très stable qui contient 25, 6 % d'azote. Sa densité absolue, qui est de 1,867, est relativement très élevée. Chauffée, la tétranitraniline se décompose partiellement à une température qui dépend de la manière dont s'effectue son accroissement en fonction du temps. Ainsi, si cet accroissesement est de 5° par minute, la décomposition commence à s'effectuer vers 216-217° ; elle n'est d'ailleurs pas explosive. Insoluble dans l'eau à la température ordinaire, cet explosif est très soluble dans l'acétone et n'attaque pas les métaux. Même fortement comprimé, il détone toujours sous l'action du fulminate.

En raison de cet ensemble de propriétés, l'emploi de la tétranitraniline apparaît comme des plus avantageux.

Un autre dérivé nitré de l'aniline est également intéressant au point de vue qui nous occupe : c'est le tétryl. Ce corps, qui n'est autre que la tétranitrométhylaniline $C^6H(NO^2)^4NHCH^3$, contient 24, 2 % d'azote. Plus puissant que le coton-poudre et la mélinite, il est par contre inférieur à la tétranitraniline. D'après le lieutenant-colonel Koehler, sa chaleur de formation serait — 40,8 calories. Le tétryl est par conséquent endothermique et ce fait explique en partie la puissance de cet explosif.

On le prépare, très aisément, en faisant agir un mélange sulfurique sur le sulfate de méthylaniline. Jusqu'à présent, il ne semble avoir été utilisé que pour la fabrication de cordeaux détonants. L'ensemble de ces propriétés semble cependant montrer qu'il serait parfaitement apte au chargement des projectiles. A noter cependant que son prix de revient est, comme celui de l'explosif précédent, supérieur à celui de l'acide picrique.

Commandant A. R.

1. D'après M. Dautriche, la puissance de la benzite serait même supérieure de 5 % à celle de l'acide picrique.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Bigourdan (G.), *Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes.* — **Petit Atlas céleste**, *précédé d'une* INTRODUCTION SUR LES CONSTELLATIONS. — *1 vol. in-8° de 60 p. avec 5 cartes en 2 couleurs. (Prix : 2 fr. 50). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1915.

L'Atlas proprement dit se compose de 5 cartes, représentant le ciel tout entier, vu par sa concavité, c'est-à-dire tel qu'il s'offre à un observateur placé, comme nous le sommes, à l'intérieur de la sphère. La première carte représente la calotte polaire boréale, la cinquième la calotte polaire australe, et les trois autres, comprenant chacune 8 h. d'ascension droite (en débordant un peu au delà et de chaque côté), les régions équatoriales et écliptiques jusqu'à ± 50° de déclinaison.

Les étoiles sont figurées jusqu'à la 5e grandeur inclusivement, et même parfois un peu au delà quand l'addition ne doit pas produire de la confusion. Les éclats des étoiles sont figurés par des signes partout les mêmes (et variant par demi-grandeur). L'auteur a indiqué en traits pointillés les figures conventionnelles qui donnent leur nom aux constellations zodiacales, ainsi qu'à quelques constellations extra-zodiacales; enfin on a mentionné la Voie lactée et quelques amas brillants comme les Pléiades.

Cet Atlas est précédé d'une fort intéressante Introduction sur les constellations. Leur origine se perd dans la nuit des temps. Nos constellations actuelles viennent des Grecs, qui paraissent les avoir empruntées aux Babyloniens; le nombre s'en accrut progressivement à la suite des voyages au sud de l'équateur; aujourd'hui on en compte environ 88, dont M. Bigourdan donne la liste et une description avec celle de leurs étoiles les plus remarquables. On trouvera également à la suite de cette introduction deux tables, donnant : l'une, les coordonnées moyennes (1915,0) et les noms particuliers des principales étoiles, rangées par ordre d'ascension droite; l'autre, les coordonnées des principales étoiles par constellations. Enfin, un Tableau indique, pour chaque heure de la nuit et de mois en mois, l'ascension droite des étoiles qui passent au méridien; en se reportant sur les cartes à cette ascension droite (marquée sur les bords en chiffres romains), on reconnaîtra sans peine les constellations qui culminent à ce moment.

Ce petit opuscule sera vivement apprécié de tous ceux qui s'intéressent à l'aspect du ciel étoilé.

R. M.

Senna (Nelson de). — **A hulha branca em Minas Geraes** (LA HOUILLE BLANCHE DANS L'ÉTAT DE MINAS GERAES). *2e édition — 1. vol. de LXXVIII-87 p. avec 88 fig. Imp. off. do Estado de Minas Geraes, Bello Horizonte*, 1914.

Cet ouvrage, qui en est déjà à sa seconde édition, est surtout un plaidoyer en faveur de la mise en valeur des forces hydrauliques de l'Etat de Minas Geraes, au Brésil, qui sont considérables, puisque l'auteur ne cite pas moins de 1160 chutes d'eau connues sur le territoire de l'Etat, avec leur hauteur et leur débit lorsqu'ils ont pu être mesurés. La conversion d'une partie de cette énergie hydraulique en électricité concourrait puissamment au développement industriel et économique du pays, qui possède de grandes richesses minières. Déjà en 1914 l'Etat de Minas Geraes possédait 65 usines génératrices d'une capacité totale de 23.375 kilowatts, dont 62 utilisaient la force hydraulique et produisaient 22.362 kilowatts. 93 localités étaient pourvues d'un service électrique. Mais ce ne doit être là qu'un début, et l'auteur montre, par l'exemple d'autres pays, les résultats donnés par l'utilisation intensive des forces hydrauliques. L'ouvrage est illustré de 88 photographies d'installations hydro-électriques et de chutes d'eau, dont la reproduction laisse malheureusement souvent beaucoup à désirer.

L. B.

2° Sciences physiques

Bauer (L. A.), *Directeur du Département de Magnétisme terrestre de l'Institution Carnegie.* — **Land magnetic Observations** (1905-1910). (*Researches of terrestrial magnetism*, t. I). *1 vol. in-4° de 185 p. avec 10 pl (Prix : 3 dollars).* — **Bauer** (L. A.) et **Fleming** (J. A.). — **Land magnetic Observations** (1911-1913) **and Reports on special Researches.** (*Researches of the Department of terrestrial magnetism*, t. II). — *1 vol. in-4° de 278 p. avec 9 fig. et 13 pl. (Prix : 5 dollars). Publication 175 de la Carnegie Institution, Washington*, 1912-1915.

Ces deux volumes sont les premiers d'une série entreprise par le Département du magnétisme terrestre de la « Carnegie Institution » de Washington sous le titre général de « Recherches du Département du magnétisme terrestre ». Sous cette rubrique, il se propose de publier les résultats de campagnes magnétiques s'étendant dans l'ensemble au globe terrestre tout entier; de temps en temps paraîtront des mémoires sur des sujets connexes, tels que l'électricité atmosphérique, par exemple.

Le tome Ier de la série contient les résultats de toutes les observations magnétiques faites à terre par le Département depuis février 1905 jusqu'à la fin de décembre 1910 : pratiquement 6 années de travail.

La description des instruments employés : magnétomètres de différents types, boussoles d'inclinaison, inducteurs terrestres (servant à déterminer l'inclinaison par une méthode d'induction), a été faite avec un soin minutieux. — Les méthodes générales de travail suivies ont été explicitées; la description et le choix des stations magnétiques, la partie astronomique du travail, la partie magnétique, la variation diurne régulière et les perturbations magnétiques, la comparaison entre eux de *tous* les instruments employés, les constantes instrumentales sont passés en revue avec un soin extrême. Enfin on ramène les observations à ce qu'elles auraient été si elles avaient été faites toutes avec des instruments étalons choisis par le Département après une étude minutieuse de ceux-ci.

Après réflexion, le travail des corrections et la réduction des nombres à une époque commune *non encore choisie* auraient trop retardé la publication; le Département du Magnétisme terrestre a cru préférable de publier d'abord les mesures brutes. 350 observateurs ont fait des mesures dans 386 stations d'Afrique, 308 d'Asie, 10 d'Australasie, 36 d'Europe, 328 de l'Amérique du Nord, 111 de l'Amérique du Sud, 68 dans les îles de l'océan Atlantique, 51 dans les îles de l'océan Pacifique.

Les chefs de mission ont rédigé des rapports détaillés qui figurent sous forme d'extraits dans le tome I. — Une des principales difficultés qu'a essayé de résoudre le Département du magnétisme terrestre est le fait de retrouver *exactement* les stations magnétiques anciennes, afin d'en conclure avec certitude la variation séculaire des différents éléments magnétiques. A cause de cela, la description minutieuse des stations visitées a été considérée comme un élément essentiel du travail entrepris; cette description ne comprend pas moins de 65 pages in-4° du tome I.

Le tome II comprend la description des observations magnétiques en campagne faites de 1911 à 1913 par

MM. Bauer et Fleming. Le plan général de la rédaction est le même que celui du tome I. Le tome II contient 9 planches en photogravure représentant soit les appareils employés, soit les vues des principales stations magnétiques visitées. — Trois planches de photogravures et 9 dessins au trait ont pour but d'initier le lecteur aux détails des Bureaux et des luxueux Laboratoires de recherches du Département du Magnétisme terrestre à Washington.

On peut considérer comme une digression intéressante la description des observations faites par une mission chargée d'étudier l'éclipse totale du Soleil qui s'est produite le 28 avril 1911 à Manua, dans les îles Samoa. Une planche en photogravure a été consacrée aux résultats donnés par cette expédition, qui relève plus du domaine de l'Astronomie physique que de la Physique proprement dite.

Si on laisse de côté l'expédition précédente, la campagne magnétique de 1911-1913 s'est étendu à 207 stations de l'Afrique (y compris l'Algérie, la Tunisie et le Sahara), à 83 stations d'Asie, à 284 stations d'Australasie, à 38 stations d'Europe (y compris la Bulgarie, la Serbie et la Grèce), à 48 stations de l'Amérique du Nord, à 247 stations de l'Amérique du Sud, à 16 stations des îles de l'Atlantique, à 14 stations des îles de l'océan Indien, à 16 stations des îles du Pacifique et à 30 stations des régions antarctiques : en tout 983 stations.

L'immensité de l'effort accompli fait le plus grand honneur au Département du Magnétisme terrestre de la « Carnegie Institution » et à son éminent Directeur.

E. Mathias,
Doyen de la Faculté des Sciences
de Clermont-Ferrand,
Directeur de l'Observatoire du Puy de Dôme.

3° Sciences naturelles

Matthew (W. D). — **Dinosaurs**. (*American Museum of Natural History, Handbook Series n° 5.*) — *1 vol. petit in 8° de 162 p. avec 48 fig.* New-York, 1915.

Ce petit volume n'est qu'un livret destinée aux visiteurs des riches collections paléontologiques de l'*American Museum*. Mais, sous cet aspect d'œuvre d'éducation populaire, il constitue un excellent résumé des grands mémoires et des multiples notes publiés sur les Dinosauriens d'Amérique. Ses chapitres, rédigés par plusieurs des naturalistes qui connaissent le mieux ces gigantesques habitants de la Terre pendant l'ère secondaire : MM. Matthew, Osborn, Barnum Brown, Williston, fourniront, sous une forme concise et attachante, à beaucoup de zoologistes et de géologues, les notions que les paléontologistes ont peu à peu acquises depuis vingt ans.

Ils seront frappés de la perfection à laquelle sont arrivées nos connaissances, grâce aux explorations méthodiques des savants américains, aux progrès des procédés de récolte et de préparation des ossements fossiles. Ils comprendront mieux l'extrême diversité de cette faune de Reptiles qui a peuplé la Terre pendant une période quatre ou cinq fois plus longue que l'ère tertiaire, que « l'âge des Mammifères »; ils en arriveront à conclure que ce groupe des Dinosauriens, sans doute hétérogène, nous offrira peut-être un jour des données aussi intéressantes que les Mammifères sur les facteurs et les lois de l'évolution.

La lecture du petit livre de M. Matthew leur présentera d'ailleurs plus d'un aperçu original sur la compétition des carnassiers et des herbivores, l'adaptation au milieu, les causes possibles d'extinction d'un groupe d'animaux gigantesques, etc.

Plus d'un lecteur regrettera de ne pas visiter lui-même le hall des Dinosauriens de l'*American Museum*, où, dans des attitudes évocatrices de la vie et très scientifiquement étudiées, les squelettes d'herbivores de 25 mètres de longueur côtoient, pour ainsi dire, ceux des carnassiers de 6 ou 7 mètres de hauteur, où des êtres massifs protégés par de longues cornes ou de vastes plaques voisinent avec la « momie » d'un reptile géant, dont on a retrouvé l'empreinte de la peau enveloppant presque tout le squelette, ou avec des carnassiers bipèdes relativement de petite taille et presque aussi agiles que les premiers Oiseaux dont ils se repaissaient peut-être. Ils croiront, un instant, voir revivre ce monde. Mais en évoquant par la pensée ces collections prodigieuses, en lisant le récit des premières découvertes de Dinosauriens en Amérique, des explorations récentes sur les collines dénudées des Mauvaises-Terres ou dans le cañon sauvage d'une rivière du Canada, les lecteurs français devront se souvenir qu'on ne connaît pas moins d'une quinzaine de gisements de Dinosauriens en France [1], de tout âge, depuis le Trias jusqu'au Cretacé, que Madagascar paraît être une contrée très fertile en découvertes à ce point de vue et que de telles reconstitutions de squelettes, ouvrant de larges horizons à l'esprit humain, ne seront pas impossibles pour nos compatriotes.

Armand Thevenin,
Maître de conférences de Paléontologie à la Sorbonne.

4° Sciences diverses

Osler (Sir William), *Bart., F. R. S., Professeur de Médecine à l'Université d'Oxford.* — **Science and War** (Science et Guerre). — *1 broch. in-8° de 39 p. (Prix : 1 sh. 6 d). The Clarendon Press, Oxford,* 1915.

Dans cet opuscule, qui est la reproduction d'un discours prononcé à l'Ecole de Médecine de l'Université de Leeds, l'éminent savant anglais a traité de l'influence de la science moderne sur les vieilles pratiques de la guerre. D'une part, la science a rendu possible la destruction et le carnage sur une échelle qu'on n'eût jamais cru possible auparavant. Dans trois directions principalement, elle a facilité cette œuvre de mort : sur mer, par la création des sous-marins et le perfectionnement des navires cuirassés, sur terre par la puissance formidable donnée à l'artillerie, dans l'air par l'emploi des gaz asphyxiants et le développement de l'aéronautique militaire. Mais, d'autre part, la science accomplit chaque jour une œuvre merveilleuse de salut et de vie, par l'organisation moderne des soins aux blessés et aux malades, et la prévention des épidémies qui autrefois fauchaient souvent plus de soldats que les combats.

Quel jugement faut-il donc porter sur la science au point de vue de la guerre ? Pour ou contre ? L'auteur conclut ainsi : « La guerre est plus terrible, plus dévastatrice, plus brutale dans sa boucherie, et l'organisation des forces de la nature a permis à l'homme de les gaspiller sur une échelle titanique. Plus d'hommes seront engagés dans la lutte et plus d'êtres seront tués et blessés dans une couple d'années que dans toutes les guerres du siècle dernier. A l'humanité dans son ensemble, la science semble un monstre ; mais, d'autre part, il faut inscrire à son crédit : le grand nombre de ceux auxquels elle épargne les misères de la maladie, les tortures indicibles évitées par l'anesthésie, le secours plus prompt apporté aux blessés, l'amélioration de la technique chirurgicale, la diminution du temps de convalescence, l'organisation tout entière des services de santé. Aussi le soldat blessé jettera son épée dans le plateau en faveur de la science — et il a raison ! »

1. Nous ne citerons qu'une de ces localités : Varenne en Argonne, que des découvertes scientifiques auraient pu faire connaître aux étrangers et que la barbarie allemande a rendue célèbre en y amoncelant des ruines.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 Mars 1916

M. **de la Vallée-Poussin** est élu correspondant pour la Section de Géométrie.

1° Sciences physiques. — M. **C. Störmer** : *L'altitude des aurores boréales observées de Bossekop pendant le printemps de l'année 1913.* La photographie simultanée d'un grand nombre d'aurores des stations de Bossekop et de Store Korsnes, distantes de 27,9 kilom., a permis de calculer l'altitude exacte de plus de 2.500 aurores. Elle varie entre 85 et 180 kilom., avec un maximum d'aurores entre 100 et 110 kilom. — MM. **R. Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier** : *Recherches théoriques et expérimentales sur les bases de la dosimétrie radiologique.* Les auteurs proposent l'emploi systématique du courant continu pour alimenter les ampoules à radiothérapie, particulièrement les ampoules munies de cathodes Coolidge. En effet, un tube Coolidge alimenté par du courant continu fourni par un condensateur chargé par une bobine ou un contact tournant donne un faisceau de rayons X absolument continu dans le temps. De plus, le fait que l'intensité y est indépendante de la tension fait que le tube peut être monté directement sur les bornes du condensateur sans interposition de résistances ou de bobines de self. — M. **C. Dauzère** : *Sur la cristallisation de l'oxyde de phényle.* L'auteur a observé au microscope la cristallisation de l'oxyde de phényle fondu qui se maintient facilement en surfusion à la température ordinaire. La variation de volume du liquide qui se solidifie provoque des ondes de cristallisation qui jouent un rôle important. Ce sont elles qui interviennent dans la cicatrisation des cristaux irréguliers; ce sont elles qui édifient les faces et les arêtes des petits cristaux. Les arêtes sont des lignes d'arrêt du mouvement ondulatoire, arrêt provoqué soit par un mouvement ondulatoire inverse, soit par toute autre cause. — M. **E. Briner** : *Sur le mécanisme des réactions dans l'eau régale.* Le mécanisme des réactions de l'eau régale est représenté par l'équation suivante, qui est réversible : $HNO^3 + 3HCl = NOCl + Cl^2 + 2H^2O$. En effet, les acides nitrique et chlorhydrique, mis à réagir en vase clos, donnent lieu à une phase liquide renfermant NOCl et Cl^2, coexistant en équilibre avec la phase aqueuse. D'autre part, en faisant réagir le chlore sur $HAzO^2$ et H^2O, on assure la régénération de HCl et HNO^3.

2° Sciences naturelles. — M. **O. Laurent** : *La suture métallique dans les fractures compliquées du fémur et de l'humérus.* Le traitement idéal des fractures du fémur et de l'humérus est celui de la suture à un ou à deux gros fils d'argent, dont le nœud fait saillie dans la plaie, de manière à pouvoir être enlevé au bout de 6 semaines à 2 mois. Aucune autre méthode ne peut atteindre la perfection donnée par ce procédé, qui permet la remise de l'axe osseux en rectitude et le maintien des fragments en réduction idéale. — M. **J. Amar** : *Appareils de prothèse du membre supérieur.* L'auteur décrit deux de ces appareils : 1° un bras de travail, très résistant et simple de construction, comportant un organe de fixation, une gaine brachiale, un avant-bras, et une pince universelle ou main de parade; 2° un bras mécanique, avec main entièrement métallique et articulée, dont le jeu des articulations est assuré par les mouvements d'un collier qui embrasse le thorax et transmis à la main par un cable d'acier. — M. **Lucien Daniel** : *Sur les variations spécifiques du chimisme et de la structure provoquées par le greffage de la Tomate et du Chou cabus.* L'auteur a obtenu par rapprochement, à l'aide du greffage siamois, une union anatomique persistante entre Tomate et Chou cabus. L'examen microscopique de coupes des deux plantes soudées a révélé une modification profonde du chou au contact de la tomate : il a acquis des cellules sableuses à oxalate de chaux réparties comme chez son conjoint, et d'autre part il présente, dans toute la région de soudure et au-dessus dans la tige, un liber interne médullaire très net et très développé, semblable comme aspect et disposition à celui de la tomate. Ces changements sont dus à l'action spécifique de la tomate sur le chou. — M. **H. Bouygues** : *Apparition des tissus et des régions dans le sommet de la tige des Phanérogames.* La seule distinction qu'on puisse établir dans le sommet de la tige des plantes phanérogames est celle d'un épiderme primitif recouvrant un méristème général, primitif aussi, mais homogène. A une petite distance du sommet, un méristème prévasculaire se différencie aux dépens du méristème général; en coupe transversale, ce méristème prévasculaire est reconnaissable à la petitesse des éléments cellulaires et il affecte la forme soit d'un anneau, soit d'un cercle plein. Ce qui reste du méristème général en dehors du méristème prévasculaire constitue toujours l'écorce primitive; ce qui reste au dedans, lorsqu'il y a un reste, constitue la moelle primitive. L'écorce et la moelle ne sont donc individualisées qu'à une certaine distance du sommet. — M. **H. Douvillé** : *Une famille d'Ammonites, les Desmocératidés; essai d'une classification rationnelle, valeur et subordination des caractères.* L'auteur est amené à considérer les différents groupes de Desmocératidés comme résultant de la spécialisation plus ou moins accentuée d'un même type et de son adaptation soit à une vie benthique (*Latidorsella*), soit à une vie nectique (*Desmoceras*), avec formes intermédiaires néritiques et plus ornées (*Puzosia*). Le premier groupe est, par ses cloisons, le moins spécialisé, le plus primitif. Or, par tous ses caractères, par sa forme générale, par son ornementation extrêmement faible, par ses sillons flexueux, par ses cloisons, il se rapproche extrêmement des Phyllocératidés du groupe du *tortisulcatus* (genre *Sowerbyceras*) si développé dans le Jurassique supérieur; il faut donc le considérer comme dérivant de cette branche particulière des Phyllocératidés. — MM. **F. Jadin** et **A. Astruc** : *Le manganèse dans quelques sources du massif pyrénéen.* Les eaux sulfurées sodiques et chlorosulfurées sodiques du massif pyrénéen sont extrêmement pauvres en Mn; les autres eaux minérales pyrénéennes sont également peu riches en Mn. La richesse en Mn paraît suivre une marche parallèle à la minéralisation totale, avec des exceptions toutefois. Comme ailleurs, les eaux ferrugineuses sont plus fortement manganésifères.

Séance du 20 Mars 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **J. Comas Sola** : *Quelques remarques sur la grande nébuleuse d'Orion* (1976 N. G. C.). De l'observation stéréoscopique de ses photographies, l'auteur conclut à l'existence d'un mouvement propre des parties les plus brillantes de la nébuleuse dans une direction de l'E à l'W à peu près et de l'ordre de 0",025 par an. D'autre part, la nébuleuse 1977 N. G. C., qui se trouve au nord de la grande nébuleuse, montre un mouvement propre du même ordre que la première, mais dirigé en sens contraire. Il semble que les deux nébuleuses forment un système physique dont la période de révolution pourrait être de quelques centaines de milliers d'années. L'auteur a également observé de fortes variations d'éclat, sans la moindre périodicité, d'une étoile *a* de la nébuleuse.

2° Sciences naturelles. — M. **L. Reutter** : *Des ambres lacustres.* L'auteur décrit un certain nombre de caractères différentiels des ambres italiens et des ambres allemands. Les premiers, en particulier, ne

contiennent que 1 à 16 % d'acide succinique, les seconds de 65 à 80 %. Ayant analysé un certain nombre d'ambres provenant des stations lacustres suisses, M. Reutter a reconnu que ce sont tous des ambres italiens. Les habitants des stations lacustres des bords des lacs suisses étaient donc en relations commerciales avec le sud de l'Europe et non, comme on l'admettait jusqu'ici, avec le nord du continent. — M. **Maur. Lugeon** : *Sur la coloration en rose de certaines roches du Massif des Aiguilles Rouges.* L'auteur a constaté, dans le massif des Aiguilles Rouges (Alpes franco-suisses), que, partout où les schistes cristallins viennent en contact avec le Trias, ils sont colorés en rose plus ou moins vif, parfois presque en rouge. En réalité, il s'agit d'une coloration strictement locale, qui ne pénètre pas en profondeur à plus de 10 à 40 m. Cette coloration est due au fer; au microscope, la roche se montre pigmentée par de l'hématite, et il suffit de très faibles quantités du pigment pour donner déjà une forte coloration. Il s'agit là d'un ancien phénomène de décomposition superficielle, qui s'est accompli entre la fin du Permien et le début du Trias. — M. **Ph. Glangeaud** : *Le cratère-lac Pavin et le volcan de Montchalm (Puy-de-Dôme).* L'auteur montre que le lac Pavin constitue le cratère d'explosion régulier creusé sur le flanc nord du volcan de Montchalm; sa genèse est postérieure à celle du volcan, qui est d'âge quaternaire supérieur et a émis trois séries de coulées dans trois directions différentes. Les parois escarpées du lac sont constituées par des coulées du volcan de Sancy, alternant avec des projections, et recouvertes plus tard par la coulée nord du Montchalm. Ce sont les explosions du Pavin qui, éclatant à travers ces coulées, les brisèrent en blocs parfois de grande taille et les projetèrent aux alentours. — M. **E. Demoussy** : *Influence de l'eau oxygénée sur la germination.* L'auteur a constaté que des graines vieillies de cresson alénois, qui ne germent pas dans les conditions ordinaires, peuvent donner jusqu'à 40 % de germinations dans l'eau oxygénée étendue à 0,25 vol. L'auteur conclut que des graines âgées peuvent avoir conservé leur faculté germinative et cependant ne pas germer dans des conditions reconnues favorables aux graines jeunes, si ces conditions sont encore plus favorables aux micro-organismes parasites qui provoquent leur asphyxie. Inversement, les graines germent si l'on facilite leur oxydation ou si l'on retarde l'évolution de ces mêmes micro-organismes par l'addition d'H^2O^2. — M. **H. Fouqué** : *Les ferments du vin d'ananas.* L'organisme qui joue le rôle prédominant dans la fermentation du vin d'ananas est un *Saccharomyces* qui ne paraît appartenir à aucune espèce connue. Il est accompagné d'une variété de *S. ellipsoideus*, et de deux levures douteuses, intermédiaires entre les *Mycoderma* et les *Torula*, mais qui n'ont qu'un rôle tout à fait secondaire. — M. **E. Bataillon** : *Expériences nouvelles sur la membrane de fécondation chez les œufs d'Amphibiens* 1° Les œufs au cyanure sont qualifiés pour une analyse de la fécondation, puisque les œufs mûrs de la cavité générale se comportent comme eux. 2° La membrane vitelline consolidée par l'activation mérite le nom classique de « membrane de fécondation ». Sa perméabilité est diminuée au moins pour certains agents destructeurs. La transformation a lieu dans l'eau et les solutions sucrées; elle est inhibée par les sels neutres alcalino-terreux. On ne peut faire intervenir dans cette inhibition ni la pression osmotique, ni la spécificité, ni l'antagonisme des ions. 3° L'attention se porte sur les propriétés des globulines (ou des vitellines). Une telle substance, faisant partie de l'excretum de l'œuf, reste dissoute dans les sels neutres étendus; au contact de l'eau, elle donnerait un précipité qui imprégnerait la membrane en modifiant ses propriétés. 4° En tout cas, la consolidation de la membrane apparaît comme un phénomène accessoire. On peut isoler la réaction éliminatrice qui la conditionne, et qui est l'un des aboutissants essentiels de l'activation. — MM. **Dalimier** et **Lévy-Franckel** : *Le 102 de Danysz dans le traitement de la syphilis maligne ou grave.* Les auteurs ont employé le composé arséno-stibio-argentique de Danysz (102 ou luargol) dans les formes anormales, rebelles ou particulièrement graves de la syphilis et ont obtenu dans tous les cas une amélioration ou une guérison rapide avec des doses beaucoup moindres que celles d'arsénobenzol. Ce médicament présente, en outre, l'avantage de l'innocuité de ses injections, de sa grande stabilité et de ses contre-indications pratiquement nulles. — M. **V. Ferrand** : *Sur une modification à la méthode de stérilisation de l'eau de boisson par l'hypochlorite de soude.* L'auteur propose de remplacer par l'eau oxygénée l'hyposulfite de soude employée jusqu'ici pour neutraliser le chlore libre restant dans l'eau après stérilisation par l'hypochlorite, et de réduire le temps d'action de l'hypochlorite à 10 minutes. Dans ces conditions, la destruction des microbes du groupe *coli* et la diminution des autres germes se fait dans un temps bien moins long. Après l'addition de H^2O^2, l'eau est agitée et peut être consommée de suite. La réaction qui se passe est représentée par l'équation : $NaClO + H^2O^2 = NaCl + H^2O + O^2$.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 7 Mars 1916

M. **B. Roussy** : *Rôle protecteur du casque métallique de guerre.* Le rôle protecteur du casque métallique de guerre ressort de deux ordres de faits : 1° Chez les convalescents de blessures de guerre, pour cent blessures faites sur le reste du corps, il y a eu, avant l'adoption du casque, 8,5 blessures au crâne, et depuis l'adoption partielle de ce dernier 16,82 blessures du crâne. Dans le premier cas, le pourcentage a été faible parce qu'un grand nombre des hommes atteints au crâne l'ont été mortellement et ont succombé sur le champ de bataille ou dans les hôpitaux, tandis que, dans le second cas, où le pourcentage des blessés a doublé, le port du casque a protégé leur crâne et le nombre des blessés guéris et convalescents a été beaucoup plus grand. 2° L'examen direct de tous les blessés au crâne montre que, faites sans le casque, les blessures du crâne sont, presque dans tous les cas, d'une *grande gravité*, caractérisée, au début par de longues périodes de coma, de cécité, de surdité, de paralysies diverses, d'amnésie, de céphalée, etc., puis par des fractures esquilleuses, nécessitant une ou plusieurs trépanations. Faites avec le port du casque, ces blessures du crâne étaient, au contraire, relativement *peu graves*, sinon légères; beaucoup des caractères précédents manquaient ou n'étaient que de courte durée. Elles guérissaient en peu de temps, et complètement, très souvent sans trépanation ni perte de substance osseuse. Le rôle protecteur du casque est donc évident. Il serait à souhaiter que d'autres parties essentielles du corps fussent aussi protégées par des cuirasses appropriées.

Séance du 14 Mars 1916

M. le Président annonce le décès de M. **X. Delore**, correspondant national.

L'Académie adopte, après un rapport de M. Hanriot, les vœux de M. Fernet concernant la lutte contre l'alcoolisme : 1° L'Académie est heureuse d'adresser respectueusement à M. le ministre des Finances ses félicitations au sujet du projet de loi qu'il a soumis au Parlement. 2° Elle espère que celui-ci, s'associant à l'œuvre patriotique du ministre des Finances, fera aboutir les mesures dont elle a déjà bien des fois proclamé la nécessité et qu'elle croit devoir renouveler plus que jamais, savoir : *a*) suppression du privilège des bouilleurs de cru ; *b*) réduction considérable du taux de l'alcool des liqueurs et vins aromatisés. 3° L'Académie émet de nouveau le vœu que l'application de la loi sur la répression de l'ivresse, la recherche des débits clandestins, soit confiée à une autorité indépendante des influences locales qui en atténuent trop souvent la

juste rigueur. — MM. **Capitan** et **Delair** : *Un cas d'obturation d'une large perte de substance de la voûte cranienne par une plaque d'or. Examen anatomique au bout de 10 ans.* Les auteurs ont eu l'occasion de faire l'autopsie d'un soldat, décédé à la suite d'accidents méningés, sur lequel on avait pratiqué 10 ans auparavant l'obturation par une plaque d'or d'une partie de la voûte cranienne enlevée par trépanation à la suite d'accidents épileptiformes consécutifs à une chute sur le crâne. Cette plaque avait été parfaitement supportée et les crises étaient devenues de moins en moins fréquentes et de courte durée. Cette observation doit encourager l'application des plaques protectrices après perte de substance osseuse en chirurgie de guerre. Les plaques devront être ajustées et posées *entre* les bords de la trépanation, et les griffes de rétention ne devront pas être placées sur les sutures du crâne. Pour diminuer le prix de revient, on peut employer des plaques en argent doré.

Séance du 21 *Mars* 1916

M. le Président annonce le décès de MM. **Gilbert Ballet** et **Léon Labbé**, membres de l'Académie.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 4 *Mars* 1916

M. **A. Sartory** : *De l'influence d'une bactérie sur la production des périthèces chez un Aspergillus.* L'auteur a isolé sur de la paille humide et des plumes de corbeau en voie de décomposition un *Aspergillus* voisin de l'*A. B.* var. *Scheelei*, mais en différant par quelques caractères. Semé en culture pure sur les milieux usuels employés en Mycologie, il ne forme pas de périthèces, asques et ascospores; mais dès qu'on lui associe une bactérie du groupe du *B. mesentericus*, isolée en même temps que lui, on obtient rapidement la forme *Eurotium*; la température la plus favorable est de 22°. — M. **Ed. Retterer** : *De l'origine, de la structure et de l'évolution des corpuscules spléniques, dits de Malpighi.* Le corpuscule de Malpighi de la rate débute, comme les follicules clos des organes lymphoïdes, sous la forme d'un tissu plein, d'un syncytium. Par fonte de certaines portions cytoplasmiques, les noyaux, entourés d'un liseré cytoplasmique, deviennent libres : de par leur origine, ce sont là des cellules vieilles, tronquées, comme tous les leucocytes. D'autres noyaux subissent la dégénérescence hémoglobique et, après la liquéfaction du cytoplasma, constituent les hématies extra-vasculaires qu'on observe dans le parenchyme splénique. — MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *Remarques sur les variétés de connexions de la rate des Mammifères.* A l'inverse des autres Mammifères, il est impossible d'isoler, chez les Ruminants, un organe distinct reliant la rate au centre phrénique, d'une part, à la panse, d'autre part. Dans leur zone d'union, ces organes font corps, pour ainsi dire, de telle sorte qu'ils se fusionnent en une cloison commune. M. **A. Brachet** considère cette disposition comme un cas particulier — et extrême — des dispositions fondamentales communes à tous les Mammifères. — MM. **E. Weill**, **G. Mouriquand** et **P. Michel** : *Recherches sur la carence alimentaire. Effets comparés de la nourriture exclusive des chats par la viande crue, congelée, salée, cuite et stérilisée.* Ni la viande crue, ni les viandes congelées ou salées récemment n'ont provoqué chez le chat des troubles nerveux par carence. Par contre, il est possible d'obtenir chez les chats soumis à une nourriture exclusive par la viande stérilisée (par chauffage à 120°) des accidents nerveux (paraplégiques, convulsifs ou cérébelleux) très voisins — sinon identiques — de ceux provoqués chez les pigeons par la stérilisation ou la décortication des céréales. Le vieillissement de la viande stérilisée paraît rapprocher le moment d'éclosion des accidents. Tout s'est passé, dans ces cas, comme si la stérilisation enlevait de la viande (comme elle enlève de la graine) une « substance ferment » nécessaire à la nutrition (du système nerveux surtout). — MM. **E. Weill** et **G. Mouriquand** : *Graines de céréales décortiquées, « hypercarencées » par la stérilisation.* Les pigeons soumis à une nourriture exclusive par le riz poli cru ont présenté des troubles de carence 10 à 22 jours plus tard que les pigeons mis au régime du riz poli stérilisé. Tout se passe donc comme si la stérilisation avait fait disparaître de la graine décortiquée (déjà fortement carencée par la décortication) un reliquat de « substance ferment » non soupçonné dans les expériences antérieures. La stérilisation a nettement « hypercarencé » les graines déjà carencées par la décortication. — M. **Mérieux** : *De l'action sur les plaies tétaniques du sérum antitétanique desséché, additionné de sous-gallate de bismuth.* L'application locale d'un mélange de sérum antitétanique desséché et de sous-gallate de bismuth, faite sur la plaie 6 heures après la contamination, empêche l'évolution du tétanos chez le cobaye, alors que l'application du sérum antitétanique seul doit, pour donner les mêmes résultats, être faite dans l'heure suivant cette contamination. Il est à présumer que l'action du sous-gallate de bismuth dans le mélange s'exerce en paralysant les associations microbiennes et par conséquent en favorisant la phagocytose. — MM. **Le Moignic** et **Pinoy** : *Les vaccins en émulsion dans les corps gras ou « lipo-vaccins ».* Les auteurs, en employant les vaccins suspendus dans les corps gras ou *lipo-vaccins* (le terme étant pris au sens physique), ont montré : 1° que l'autolyse est sinon évitée, du moins négligeable, la plupart des microbes étant, pour ainsi dire, *embaumés*; 2° que la résorption s'effectue plus lentement; 3° que, par suite, les réactions doivent être réduites au minimum chez les individus sensibles; 4° que certains accidents, dus à une faute de manipulation, peuvent être supprimés.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 3 *Mars* 1916

M. **Marage** : *Surdités vraies et simulées consécutives à des blessures de guerre.* Autant les mesures d'acuité visuelle sont bien déterminées, autant celles d'acuité auditive sont empiriques et peu scientifiques. M. Marage a d'abord étudié les moyens de remédier à cet inconvénient, en se plaçant à un double point de vue : celui des conseils de revision, celui des conseils de réforme. L'instrument dont il se sert est gradué de 0 à 400 : entre 0 et 50, le sujet peut être classé dans le service actif; de 50 à 100, il est versé dans l'auxiliaire; au-dessus de ce chiffre, le soldat est réformé. Un moyen très simple permet de dépister les simulateurs, et, au besoin, de prouver la bonne foi de certains blessés qu'un examen incomplet aurait fait regarder comme de faux sourds. La deuxième partie de la communication a été consacrée au développement de l'acuité auditive des soldats atteints de commotion cérébrale par explosion d'obus de gros calibre. De nombreuses projections montrent l'état de surdité dans lequel les blessés sont arrivés à l'hôpital; la courbe de leur audition indique leurs progrès. On constate ainsi que de nombreux sourds regardés comme incurables et bons pour la réforme ont pu, après traitement, retourner au front. Comme les blessés étaient imposés par le Service de santé à M. Marage, que leur degré de surdité était indiqué par les médecins militaires, il s'ensuit que ces traitements ont été de véritables expériences de contrôle. Ajoutons qu'il s'est parfois trouvé en présence de cas très rarement observés et même nouveaux. En terminant, M. Marage montre que ces hypoacousies très diverses ne sauraient être expliquées par la vieille théorie de Helmholtz sur l'organe de Corti, et que l'on est conduit à reporter dans différents centres auditifs le triage des sensations produites par les bruits, la musique et la parole.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 10 Mars 1916

M. A. Haller et **Mme Ramart** : *Synthèses au moyen de l'amidure de sodium.* Les auteurs, généralisant une réaction décrite antérieurement, ont fait réagir, en présence d'amidure de sodium et en solution d'éther anhydre, l'éther monoiodacétique sur les acétophénones mono- et bialcoylées suivantes : méthyl-, éthyl-, diéthyl-, méthylpropyl-acétophénones. Ils ont ainsi obtenu les éthers β-benzoyl-butanoïque, Eb. 168°-170° sous 17 mm. ; β-benzoylpentanoïque, Eb. 179°-181° sous 17 mm. ; β-benzoyl-β-éthylpentanoïque, Eb. 188°-191° sous 20 mm. ; β- benzoyl-β-méthylcaproïque, Eb. 190°-193° sous 20 mm. Par saponification avec une solution de potasse dans l'alcool méthylique, on a obtenu les acides (β-cétoniques) correspondants, fondant respectivement à 65°, 73°-74°, 74° et 85-86°. Tous ces acides sont stables quand on les fond, et le produit fondu, refroidi, donne une masse cristallisée dont le point de fusion est le même que celui de l'acide primitif. Ces acides ne peuvent donc être confondus avec leurs isomères, les acides glycidiques.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 3 Février 1916

Sciences naturelles. — **M. S. B. Schryver** : *Recherches sur le phénomène de la coagulation.* III. *Nouvelles recherches sur le gel cholate.* L'auteur a constaté qu'il y a une similitude marquée entre certaines activités vitales de cellules et la façon dont se comporte le gel cholate. 1° L'action érosive de certaines substances organiques sur le gel cholate va de pair avec leurs actions narcotique et cytolytique. 2° La formation de gel par le chlorure de calcium est empêchée par les chlorures de Na, Mg et autres. Ces mêmes substances peuvent aussi produire l'érosion du gel, mais l'addition de quantités relativement faibles de sels de calcium agit comme antagoniste sur l'action érosive. 3° Pour expliquer le parallélisme entre certaines actions biologiques de substances organiques et l'action antagoniste de sels inorganiques, d'une part, et l'action de ces substances sur le gel cholate, d'autre part, l'auteur suggère que la membrane cellulaire ou le cytoplasme est constituée par un système hétérogène de protéines, de lipoïdes..., maintenant une substance formatrice de gel, substance dont les propriétés physiques sont semblables à celles des cholates. De cette manière, l'action biologique de certaines substances peut être expliquée d'une manière beaucoup plus satisfaisante que par la théorie lipoïde de Meyer et Overton. — **M. M. J. M. O'Connor** : *Le mécanisme de la régularisation chimique de la température.* Les chats et les lapins anesthésiés, quand ils ne frissonnent pas, consomment de l'oxygène proportionnellement à leur température corporelle. Quand ils frissonnent, la consommation d'oxygène est supérieure à ce qu'elle serait pour la même température du corps. Le déclanchement du frisson dépend de l'abaissement de la température du cerveau au-dessous d'un point plus ou moins fixé pour un animal donné. La quantité supplémentaire d'oxygène consommé pendant le frisson est proportionnelle à l'écart de la température moyenne de la peau avec ce point. Cette température vers laquelle les animaux se règlent chimiquement est comprise entre 30° et 39° C. pour différentes espèces. — **M. W. Bateson** et **Mlle C. Pellew** : *Sur une dissemblance régulière dans l'hérédité des différentes parties d'une plante.* Dans un mémoire antérieur, les auteurs ont étudié la génétique des pois « vagabonds » d'aspect sauvage qui paraissent descendre des pois cultivés. Entre autres particularités, ils ont constaté que les plantes F_1 provenant de croisements entre les pois types et vagabonds ont, à l'état jeune, des caractères intermédiaires, montrant l'influence du parent type, tandis qu'à la maturation elles deviennent vagabondes et ont exclusivement des descendants vagabonds. Les auteurs expliquent ce fait en supposant qu'il se produit une ségrégation de facteurs dans le soma, telle que les éléments du type restent dans la base de la plante F_1 et sont exclus de la lignée du germe. Dans la variété Gradus, on a observé que certains intermédiaires (descendants de types) donnent des mélanges de types et de vagabonds. Chez ces plantes intermédiaires, les caractères changent souvent avec l'age, les parties inférieures se rapprochant davantage de l'élément type, les parties supérieures de l'élément vagabond. En semant des graines provenant de ces intermédiaires, les auteurs ont reconnu que celles provenant des cosses inférieures donnent naissance de préférence à des descendants types, celles provenant des cosses supérieures à des descendants vagabonds. Tous ces faits confirment l'existence d'une ségrégation régulière dans le corps de la plante, les éléments types prédominant dans les parties inférieures.

Séance du 10 Février 1916

1° Sciences physiques. — **M. C. H. Lander** : *Le frottement superficiel. Expériences avec l'eau et la vapeur dans des tuyaux.* L'auteur a cherché à vérifier la formule de Rayleigh reliant la résistance à la vitesse, à la densité, au diamètre du tuyau et à la viscosité cinématique du fluide. Les expériences ont porté sur trois tubes en fer forgé de 3,3, 1,905 et 1,07 cm. de diamètre, avec l'eau et la vapeur d'eau comme fluides. Les vitesses ont varié de 50 cm. par seconde pour l'eau à 6400 cm. par seconde pour la vapeur. Les résultats ont été exprimés sous forme de courbes en portant $R/\rho v^2$ en ordonnées et $\log vd/\nu$ en abscisses. Ces résultats sont un peu supérieurs à ceux obtenus par Stanton et Pannell pour l'eau et l'air dans des tubes de laiton, et présentent des caractères analogues. Pour les hautes valeurs de vd/ν, on arrive à une limite où la résistance varie comme le carré de la vitesse pour la rugosité particulière de la surface qui existe dans les tubes d'expérience. Les résultats généraux confirment l'exactitude des hypothèses faites dans la dérivation de l'équation : $R = \rho v^2 F(vd/\nu)$ pour des fluides qui diffèrent autant que la vapeur et l'eau dans leurs propriétés. — Lord **Rayleigh** : *La théorie du résonnateur d'Helmholtz.* La forme idéale du résonnateur d'Helmholtz est un espace caverneux enfermé dans une paroi mince immobile, mais communiquant avec l'atmosphère extérieure par une petite perforation. Helmholtz en a donné la théorie approximative, qui conduit à des résultats définis pour des ouvertures circulaires ou elliptiques. L'auteur a essayé de pousser plus loin l'approximation dans le cas spécial où la paroi est sphérique et l'ouverture circulaire, à l'aide de fonctions de Legendre appropriées. En négligeant l'échappement de l'énergie à distance, la longueur d'onde λ d'ondes planes ayant la période du résonnateur est donnée par l'équation :

$$\lambda = \pi\sqrt{(2S/R)}.\left\{1 - \frac{9}{10}\cdot\frac{R}{2\pi C}\right\},$$

où C est le rayon et S le volume de la sphère, et R le rayon de l'ouverture circulaire. Ce résultat peut être étendu aux ouvertures elliptiques, quelque grande que soit l'ellipticité. — **M. T. R. Merton** : *La structure des lignes du spectre élargies.* Il est peu probable que l'élargissement des lignes spectrales qui se produit aux hautes pressions et sous une décharge électrique puissante soit attribuable au mouvement de l'atome en son entier ; il provient plutôt de processus en connexion intime avec le problème de la radiation. Stark a suggéré que cet élargissement est en relation étroite avec la résolution électrique des lignes. L'auteur discute, dans cette

hypothèse, la distribution de l'intensité qu'on peut attendre dans les lignes Hα, Hβ et Hγ de l'hydrogène, élargies par une décharge puissante. Il a trouvé une méthode pour étudier la distribution de l'intensité dans ces lignes élargies, méthode qui n'est pas affectée par l'excentricité de la plaque photographique et qui est adaptée à des mesures quantitatives. Les résultats obtenus pour les lignes de l'hydrogène montrent que Hα consiste en un fort maximum, tombant rapidement et régulièrement de chaque côté; Hβ tombe beaucoup moins rapidement et présente un minimum au centre de la ligne, et Hγ présente un fort maximum central avec des « ailes » très diffuses de chaque côté. Ces résultats s'accordent avec la distribution de l'intensité déduite de la séparation électrique des lignes. — Sir **Norman Lockyer** et M. **H. E. Goodson** : *Le spectre de flamme oxyhydrique du fer.* Les auteurs ont étudié un spectrogramme de la lumière émise par le fer métallique brûlant dans la flamme oxyhydrique et qui est riche en lignes dues à ce métal. 64 lignes du fer ont été identifiées dans la région λλ 3856,52 — 5615,88, dont 15 ne paraissent pas avoir été encore signalées dans le spectre de flamme du fer. En comparant le spectrogramme de flamme avec un spectre d'arc du fer d'exposition à peu près analogue, les auteurs ont pu séparer les lignes de flamme, suivant les variations d'intensité observées, en deux groupes bien marqués, avec un résidu formant un groupe intermédiaire. Le groupe A contient les lignes plus fortes dans la flamme que dans l'arc, le groupe B les lignes plus faibles dans la flamme que dans l'arc, le groupe C les lignes à peu près égales dans les deux sources. Cette division est en relation étroite avec la classification encore plus minutieuse employée par King dans le cas des spectres obtenus à divers niveaux de température dans le four électrique. Il faut noter le grand nombre de lignes de la classe 1A de King qui ont été trouvées par les auteurs dans le spectre de flamme. Dans les spectres stellaires, l'apparition et le développement maximum des lignes du groupe A se font à un stade plus avancé que pour les lignes des autres groupes. — M. **W. G. Duffield** et Mlle **M. D. Waller** : *La consommation du carbone dans l'arc électrique. III : La perte anodique.* Les auteurs ont montré antérieurement (voir p. 35) que la vitesse de consommation du carbone à la cathode d'un arc très court est telle que le départ d'un atome est accompagné du transfert entre les pôles de 4 charges électroniques. Pour déterminer le rôle joué par l'anode, on a opéré comme suit : une baguette de carbone de 18 mm. de diamètre tourne dans un tour et on fait jaillir un arc entre sa surface cylindrique et une baguette de carbone pointue formant cathode qui se déplace rapidement le long de l'anode. Par ce moyen, l'anode reste presque froide et le cratère n'a pas le temps de se développer. L'anode et la cathode sont pesées avant et après chaque expérience. Tandis que dans la forme stationnaire la perte anodique est invariablement plus grande que la perte cathodique, avec l'anode tournante les pertes totales à l'anode pour des courants de 4, 6, 8 et 10 ampères, après que l'arc a passé pendant 5 minutes, sont seulement de 3, 2, 8 et 13 mgr. Les rapports de la consommation du carbone par coulomb des anodes fixes et rotatives pour les densités de courant ci-dessus sont respectivement : 17,6 à 0,25, 13,5 à 0,13, 12,8 à 0,33 et 10,8 à 0,36. Il semble donc que la perte anodique de carbone est sans importance dans le mécanisme de l'arc et que la fonction de l'anode est de recevoir les porteurs de courant produits par le processus essentiel à la surface de la cathode. La formation d'un cratère dans le type normal n'est pas essentielle pour l'arc, quoiqu'elle constitue le trait le plus frappant. La réduction de la différence de potentiel dans l'arc à anode rotative est due probablement à l'absence d'émission électronique importante par l'anode plus froide; dans l'arc normal; cette émission est équivalente à une force contre-électromotrice.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 7 Février 1916

M. **W. A. Davis** : *L'emploi des enzymes et de levures spéciales dans l'analyse des hydrates de carbone.* Au cours de recherches sur les hydrates de carbone présents dans différentes plantes, l'auteur a trouvé plusieurs sources d'erreurs dans les procédés d'analyse adoptés communément. Pour les éliminer, il a reconnu qu'il était nécessaire de renoncer aux méthodes purement chimiques et d'adopter des procédés basés sur l'emploi d'enzymes spéciales ou de levures sélectionnées. Il décrit en détail les modes opératoires à employer pour déterminer: le saccharose au moyen de l'invertase, le raffinose au moyen de la levure de fond (contenant, à côté de l'invertase, de la mélibiase), le maltose au moyen de la taka-diastase. Il n'est pas douteux que l'emploi de ces méthodes se répandra de plus en plus dans les recherches tant industrielles que scientifiques pures, car elles permettent de déterminer successivement tous les constituants d'un mélange complexe d'hydrates de carbone. — MM. **J. T. Hewitt** et **C. H. Lumsden** : *L'anhydride acétique.* Etant donnée l'importance technique acquise par l'anhydride acétique, les auteurs ont fait l'étude de tous les procédés qui ont été proposés pour sa fabrication et qui se divisent en trois groupes: action des anhydrides inorganiques (P^2O^5, SO^3, N^2O^5,...) sur l'acide acétique; action des chlorures et oxychlorures non métalliques ($POCl^3$, $COCl^2$, SCl^2, S^2Cl^2, $ClSO^3H$, SO^2Cl^2) sur l'acide acétique; décomposition des acétates de bases faibles. Les dérivés chlorés du phosphore ou du soufre sont encore les meilleurs agents de préparation de l'anhydride acétique.

Section de Newcastle

Séance du 12 Janvier 1916

M. G. S. Roberston : *La solubilité des phosphates minéraux dans l'acide citrique.* II. L'auteur montre que les phosphates minéraux sont complètement solubles dans l'acide citrique à 2 %, à condition de faire un nombre suffisant d'extractions. Pour la majorité des roches phosphatées examinées, 5 extractions ont enlevé 90 à 100 % de l'acide phosphorique présent. Une quantité même faible de chaux libre ou de carbonate de calcium décroît sensiblement la solubilité des phosphates minéraux mesurée par l'essai à l'acide citrique. La finesse de mouture affecte également la solubilité citrique totale des phosphates minéraux. A une exception près, la calcination produit une diminution marquée de la solubilité des phosphates minéraux dans l'acide citrique, et d'autant plus grande que la calcination a été plus longue. En somme, l'essai à l'acide citrique est sans valeur pour juger de l'assimilabilité relative des engrais phosphatés par les plantes.

Section de Birmingham

Séance du 9 Décembre 1915

MM. **T. S. Price**, **S. A. Brazier** et **A. S. Wood** : *Préparation de la diéthylamine sur une grande échelle au laboratoire.* On prépare du chlorhydrate de *p*-nitrosodiéthylaniline par l'action du nitrite de sodium sur la diéthylaniline en solution chlorhydrique; puis on traite la solution aqueuse concentrée par la soude caustique solide et on distille; par un simple fractionnement du distillat, on obtient la diéthylamine pure. Par cette méthode, un seul opérateur peut produire environ 1 kilog. de diéthylamine par jour.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 8 30 AVRIL 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

La nature des nébuleuses spirales. — M. H. Macpherson vient d'exposer dans un intéressant article[1] l'état actuel de cette question controversée.

On sait que la découverte de ces corps célestes est due à Lord Rosse qui, au moyen du grand miroir qu'il avait fait monter à son observatoire de Parsonstown, montra le premier que la nébuleuse de *Canes Venatici* présente l'aspect d'une grande spirale ou d'un tourbillon. Cette découverte fut accueillie avec incrédulité par les astronomes, dont beaucoup pensèrent que les lignes spirales de matière nébuleuse décrites si fidèlement par Lord Rosse n'existaient que dans son imagination. C'est par l'application de la photographie que cette grande découverte fut mise hors de doute. Les travaux d'Isaac Roberts en Angleterre, de Keeler et d'autres en Amérique, non seulement confirmèrent les observations de Lord Rosse sur le système particulier qu'il avait étudié, mais mirent en évidence de nombreuses autres nébuleuses spirales dans tout le ciel. Peu avant sa mort, Keeler annonçait qu'il avait pu observer 120.000 nébuleuses nouvelles avec le réflecteur Crossley et que la moitié de celles-ci étaient probablement des nébuleuses spirales.

Depuis lors, on a reconnu que les spectres des nébuleuses spirales sont continus, à l'inverse de ceux des nébuleuses planétaires et irrégulières. Néanmoins, on les considéra comme de simples nébuleuses, à un stade ultime de leur développement, prêtes à se condenser en systèmes solaires ou stellaires.

Mais l'extension récente de nos connaissances sur les nébuleuses suggère des doutes graves sur la nature nébulaire des nébuleuses spirales. Ainsi, les nébuleuses planétaires et irrégulières se trouvent principalement dans les régions galactiques; elles obéissent à la loi de la concentration galactique. Les nébuleuses spirales, par contre, fuient toutes la galaxie et sont plus nombreuses dans la région des pôles galactiques. Les nébuleuses irrégulières sont étroitement mélangées avec les étoiles du type primitif, et les nébuleuses planétaires révèlent des affinités avec les étoiles probablement immatures du type Wolf-Rayet, tandis que les nébuleuses spirales n'ont aucun rapport avec ces corps célestes. Enfin le mouvement extrêmement rapide des nébuleuses spirales contraste avec celui des étoiles primitives.

Faut-il en conclure que les nébuleuses spirales sont un ordre de corps célestes différent de celui des autres nébuleuses? On a suggéré à diverses reprises que ce sont des « univers insulaires » extérieurs à notre galaxie. M. Eddington[1], après une discussion approfondie, incline vers cette hypothèse. Il explique le fait qu'elles fuient la galaxie par cette circonstance que, si elles sont toutes situées en dehors de notre système stellaire, « celles qui existent dans les basses latitudes galactiques sont masquées par les grandes traînées de matière absorbante semblables à celles qui forment les espaces sombres de la Voie lactée ». M. Eddington estime que « la théorie de l'univers insulaire est préférable comme hypothèse de travail, et ses conséquences sont si pleines de ressources qu'elles témoignent en faveur de la probabilité de son exactitude ».

Mais, si les nébuleuses spirales sont des univers externes, notre Univers doit également posséder la structure spiralée. Cette hypothèse a déjà été suggérée plus d'une fois, et elle est tout à fait d'accord avec les plus récentes théories sur la constitution de notre Univers stellaire et la probabilité de l'existence de deux courants d'étoiles spiralés, l'un au nord de la Voie lactée qui recule avec une grande vitesse, l'autre au sud qui avance.

Dans un mémoire tout récent[2], M. Truman, de l'Université d'Iowa, a cherché à déterminer le mouvement de l'Univers stellaire d'après une discussion des mouvements radiaux des nébuleuses spirales, dans l'hypothèse que ce sont des univers externes. Sa méthode est analogue à la détermination classique, par Herschel, du mouvement du Soleil d'après les mouvements propres

1. *The Observatory*, t. XXXIX, n° 498, p. 131; mars 1916.

1. Stellar movements and the structure of the Universe.
2. *Popular Astronomy*, t. XXIV, p. 111.

de quelques étoiles. De sa discussion des vitesses radiales mesurées par Slipher, M. Truman conclut que « notre nébuleuse se meut avec une vitesse de 670 kilomètres par seconde dans la direction de R. A. 20 h., décl. = — 20° » (c'est un point entre le Sagittaire et le Capricorne). M. Truman estime que « si l'on peut démontrer un tel mouvement de notre système par rapport aux nébuleuses, ce sera une forte présomption qu'elles constituent des systèmes sidéraux ». Les données qu'il a pu utiliser sont encore trop peu abondantes, mais son travail ouvre une direction fructueuse de recherches futures quand on disposera d'un plus grand nombre d'informations.

En somme, on peut conclure que la balance penche en faveur de l'idée que les nébuleuses spirales sont des univers insulaires, sans qu'on puisse l'affirmer avec certitude. Une telle théorie, si elle se confirme, aura sur nos idées cosmologiques et cosmogoniques une répercussion dont on mesurera l'importance si l'on se rappelle que, il y a dix ans à peine, la plupart des astronomes croyaient encore que tous les corps célestes appartiennent à un seul grand univers stellaire illimité.

§ 2. — Physique du Globe

L'activité sismique en Espagne pendant les années 1909 à 1914. — Depuis le commencement de 1909, le Père Navarro Neumann, directeur de la Station sismologique de Cartuja (Grenade), a commencé à réunir des renseignements sur les tremblements de terre qui ont été ressentis en Espagne. De l'ensemble des documents rassemblés en six ans, il a tiré une série de déductions sur l'activité sismique dans ce pays, qu'il a récemment communiquées à la Société royale espagnole d'Histoire naturelle[1].

Les 415 séismes enregistrés en Espagne de 1909 à 1914 se répartissent annuellement comme suit : en 1909, 76; en 1910, 63; en 1911, 180 (maximum); en 1912, 36; en 1913, 24 (minimum); en 1914, 36.

L'intensité maximum des tremblements de terre précédents n'a pas dépassé le degré VIII sur le territoire espagnol pour les plus violents, qui furent ceux d'Adra (16 juin 1910), de la Huerta de Murcie (21 mars et 3 avril 1911) et de Santafé (31 mai 1911). Les séismes de Benavente (Portugal), du 23 avril 1909, et de Rognes (France), du 11 juin 1909, qui certainement ont atteint le degré X à leur origine, n'ont pas dépassé les degrés VII et IV en Espagne.

Au point de vue de la distribution géographique des épicentres, on peut diviser l'Espagne en 4 régions : la région I, comprenant la Meseta ibérique avec les montagnes cantabriques et galiciennes; la région II, correspondant à la fosse de l'Ebre; la région III, correspondant à la fosse du Guadalquivir et comprenant toute la partie S et SE de l'Espagne; la région IV, correspondant à la fosse tertiaire du Tage. Enfin, le tremblement de terre destructeur du S. E. de la France, cité plus haut et qui s'est fait sentir en Espagne, conduit à admettre une région V, correspondant à la fosse du Rhône.

Les 415 séismes observés paraissent se distribuer autour de 60 épicentres environ, dont 8 situés dans la région I, 17 dans la région II, 32 dans la région III, 2 dans la région IV et 1 dans la région V. Les foyers les plus nombreux sont donc d'abord dans la région III, et dans celle-ci tous, presque sans exception, au sud de la ligne qui va de Gandia à Marbella; puis dans la région II, où ils se rangent principalement en demi-ovale autour de Badalona et de Teya; et enfin dans la région I, où ils sont situés surtout dans le massif galaïque.

L'aire de mouvement sensible ou macrosismique de la plupart des tremblements de terre ressentis en Espagne de 1909 à 1914 a été assez réduite et dans la plupart des cas n'a pas dépassé quelques kilomètres carrés. Par contre, le séisme destructeur de Benavente (Portugal) a été ressenti jusqu'à Barcelone, à 950 km.; celui de Adra, beaucoup moins violent au centre, s'est propagé jusqu'à Madrid (410 km.).

Plusieurs des tremblements de terre observés possèdent une aire pléistosiste très allongée, comme si le phénomène était survenu le long d'une faille apparente ou cachée, d'une vraie ligne sismo-tectonique; il en a été ainsi pour les tremblements de terre de Torrevieja, qui s'étendent presque parallèlement à la côte, et de Ayamonte, qui se sont fait sentir le long d'une ligne partant d'Albufeira au Portugal pour aboutir près de Séville.

§ 3. — Art de l'Ingénieur

Les mitrailleuses individuelles. — Pour suppléer à la diminution de ses réserves, l'Allemagne a dû chercher à augmenter le rendement de la machine à tuer. La multiplication des mitrailleuses ordinaires n'était qu'une solution provisoire, une étape dans cette évolution nécessaire : l'année dernière, sur certains points du front oriental, on en comptait une par dix hommes; mais cette proportion a été bientôt jugée insuffisante, et il a fallu envisager la nécessité du munir chaque homme d'une arme portative à tir extrêmement rapide, la mitrailleuse individuelle.

Cet engin n'est pas nouveau. En 1861, on essayait à Paris, chez Gastine, une carabine inventée par l'armurier Jarre, pouvant tirer 50 coups par minute. Le fusil Winchester, qui date de la même époque, fournissait 22 coups à la minute, et une quinzaine de coups sans être rechargé. Nous en avons fait usage en 1870-1871 : plusieurs régiments de l'armée de la Loire et de l'armée de l'Est en étaient pourvus. En 1883, la Commission de Versailles avait eu à examiner plus de cinquante modèles de fusils à tir rapide, avec chargeurs automatiques et magasins multiples amovibles. Aucun n'avait été adopté d'abord à cause du poids de l'arme et de son chargeur ensuite parce que l'ancienne poudre rendait inefficace et illusoire le tir accéléré : en tirant seulement 20 ou 25 coups par minute, la fumée formait un nuage impénétrable, et le mécanisme s'encrassait. Ces inconvénients prohibitifs ont été supprimés par les poudres modernes qui brûlent presque sans fumée, laissent peu de résidus et ont une puissance balistique qui a permis de réduire le calibre de l'arme et, par suite, le poids du fusil et celui des cartouches.

Nous ne devons rien dire des fusils à tir rapide déjà employés chez nous ou en voie d'exécution; mais nous ne sommes pas tenus à la même discrétion en ce qui touche à l'armement de nos ennemis, et nous savons qu'ils utilisent actuellement deux sortes d'armes individuelles à grand rendement : le fusil automatique de Visini et Fuchs, et le fusil-mitrailleur de Madsen.

Le premier n'est qu'une modification du fusil ordinaire, permettant de tirer 50 à 60 coups par minute. L'ancien chargeur est remplacé par un chargeur automatique, composé de deux tubes d'acier contenant chacun un piston maintenu par un ressort. Au départ de chaque coup, la pression des gaz chasse les pistons, en comprimant les ressorts. Ce mouvement entraîne l'ouverture de la culasse; l'étui vide est rejeté, une nouvelle cartouche vient se placer dans le canon, et les deux ressorts se détendant referment la culasse. Le tireur n'a qu'à presser le détente pour faire partir le coup; il n'a pas à quitter la mise en joue, tous les mouvements s'accomplissant automatiquement et se renouvelant jusqu'à épuisement du chargeur. L'arme ainsi modifiée ne pèse que 500 grammes de plus, et la transformation, qui peut être effectuée en quelques heures, coûte seulement une dizaine de francs.

Le fusil-mitrailleur de Madsen a un rendement bien supérieur : il peut tirer jusqu'à 250 coups à la minute. Il pèse 7 kilogs et demi, et 400 cartouches pèsent 16 kilogs, y compris les chargeurs amovibles, constitués par des

1. *Boletin de la Real Soc. esp. de Historia natural*, t. XV, n° 10, p. 459; déc. 1915.

boîtes courbes, en forme de segments. Le mécanisme en est commandé par le recul du canon et de la boîte de culasse, à peu près comme dans la mitrailleuse Maxim.

La valeur de ces armes est très discutée. De tout temps, d'ailleurs, les fusils à tir précipité ont eu autant de détracteurs que de partisans. Les premiers prétendaient que la vitesse du chargement créerait plus de dangers qu'elle ne procurerait de bénéfices; que les soldats brûleraient mal à propos leurs cartouches et se trouveraient hors d'état de répondre au feu de l'ennemi, au moment le plus critique. Les autres soutenaient que, dans une armée bien disciplinée, il serait toujours possible de régler la consommation des munitions, et qu'au surplus il valait mieux accepter les inconvénients signalés que de renoncer aux effets irrésistibles qu'on ne manquerait pas d'obtenir du tir rapide, en l'employant à propos. Du reste, le ravitaillement est aujourd'hui singulièrement facilité par l'utilisation intensive des voies ferrées, des automobiles et des bicyclettes.

E. C.

§ 4. — Electricité industrielle

L'influence de la fréquence des courants alternatifs ou des courants à renversement moins fréquent sur la corrosion électrolytique. — La corrosion électrolytique, qui cause de si grands dégâts aux tuyaux ou autres structures métalliques enfouies dans le sol, provient dans la plupart des cas des courants vagabonds des tramways électriques. Comme un très petit nombre de ces derniers emploient le courant alternatif, il pourrait sembler au premier abord superflu d'étudier l'influence de la fréquence des courants sur la corrosion électrolytique. Mais on sait que des courants alternatifs à longue période sont très communs dans la plupart des villes sur certaines parties des conduites souterraines, par suite de la variation continuelle des charges des tramways, qui provoque un changement correspondant de la polarité des conduites par rapport à la terre; les courants alternatifs qui en résultent ont des périodes très longues, qui peuvent aller de quelques minutes à un jour et même davantage.

Deux ingénieurs américains, MM. B. Mc Collum et G. H. Ahlborn, ont repris, pour le compte du Bureau américain des Poids et Mesures, l'étude de ces phénomènes [1]; ils ont déterminé la corrosion d'électrodes de fer et de plomb placées dans le sol et exposées à l'action de courants à renversement périodique, et ils sont arrivés aux résultats suivants :

La corrosion des électrodes, tant de fer que de plomb, diminue à mesure que la fréquence de renversement du courant augmente. La corrosion est pratiquement négligeable pour les deux métaux quand la période du cycle ne dépasse pas une minute environ. Avec les électrodes de fer, on atteint, entre 15 et 60 cycles par seconde, une fréquence limite au delà de laquelle il ne se produit plus de corrosion appréciable. On n'a pas atteint de limite analogue avec le plomb, mais elle peut très bien exister à une fréquence supérieure à 60 cycles par seconde.

Avec des courants périodiquement renversés, l'addition de carbonate de soude au sol réduit la perte par corrosion pour le fer et l'augmente pour le plomb.

La corrosion du plomb atteint pratiquement sa valeur maximum avec une fréquence de renversement comprise entre un jour et une semaine. La corrosion du fer n'atteint pas de valeur maximum à moins que la période du cycle ne dépasse considérablement deux semaines.

La conclusion la plus importante qui résulte de ces recherches, c'est que dans la zone dite neutre des réseaux de tramways urbains, où les conduites souterraines changent constamment de polarité, le dommage dû à la corrosion est beaucoup moindre qu'on ne pourrait le prévoir en considérant la moyenne *arithmétique* du courant déchargé des tuyaux dans la terre. Là où les conduites sont alternativement positives et négatives pendant des périodes ne dépassant pas 10 à 15 minutes, la somme *algébrique* du courant déchargé paraît donner une indication à peu près exacte du dommage total.

La réduction de corrosion observée avec les courants à renversement périodique est sans doute due au fait que le processus corrosif est reversible dans une grande mesure, de sorte que le métal corrodé pendant la première moitié du cycle, quand le courant se décharge, se redépose en grande partie pendant l'autre moitié du cycle, quand le courant va de la terre au métal. Le métal redéposé n'a pas une grande valeur au point de vue mécanique, mais il sert de surface anodique pendant le demi-cycle suivant et il protège le métal non corrodé qui se trouve au-dessous.

La réversibilité du processus corrosif dépend de la liberté avec laquelle l'électrolyte circule, et particulièrement de la liberté d'accès de substances comme l'oxygène et l'anhydride carbonique, qui produisent des réactions secondaires donnant naissance à des précipités insolubles du métal corrodé. C'est principalement pour cette raison que la corrosion augmente avec la période du cycle, car plus cette période est longue, plus grand est l'effet de ces réactions secondaires.

§ 5. — Chimie industrielle

La préparation indigène du sel marin aux Iles Philippines. — Dans un mémoire sur l'industrie du sel aux Iles Philippines [1], MM. A. J. Cox et T. Dar Juan, attachés au Laboratoire de Chimie du Bureau scientifique de Manille, viennent de donner d'intéressants détails sur les procédés employés par les indigènes du pays pour retirer le sel de l'eau de mer. L'un, en particulier, qui paraît remonter à la plus haute antiquité et constitue sans doute la méthode originelle en usage dans ces îles, mérite d'être rapporté.

On choisit de grandes surfaces de terrain sablonneux le long de la côte, approximativement au niveau des hautes marées; on y enlève toute végétation et on les nettoie. La surface du terrain préparé est ameublie, et, au moyen de canaux venant de la mer ou d'un estuaire, on y répand de l'eau qui s'évapore rapidement. Cette opération est répétée environ 4 fois par jour pendant 3 jours consécutifs, jusqu'à ce qu'une certaine quantité de sel se soit accumulée à la surface. Au 4e ou 5e jour, on amasse en tas la terre meuble avec le sel et on la recueille dans des cuves à lessiver, où elle est lessivée avec de l'eau de mer ou de la saumure peu concentrée jusqu'à ce que la plus grande partie du sel ait été extraite et qu'on obtienne une concentration du sel d'environ 10 % en poids.

Aux Philippines, il existe de nombreux arbustes et arbres croissant dans les terrains salés dont le poids spécifique à l'état vert est supérieur à celui de l'eau. Aussi les Philippins ont-ils coutume, dans certaines provinces, de se servir des rameaux de la plante nommée *culase* (*Lumnitzera racemosa* Willd.), de les dépouiller de leurs feuilles et de les jeter dans la saumure pour en déterminer la concentration. S'ils s'enfoncent, la saumure n'est pas encore assez concentrée; mais, s'ils flottent, elle l'est suffisamment pour être transférée aux bassins de cristallisation. Le poids spécifique des rameaux de culase est d'environ 1,085, correspondant à une concentration en sel d'environ 11,5 %.

La cuve à lessiver communément employée dans les provinces de Rizab et de Cavite est une auge circulaire

1. *Proc. of the American Inst. of Electr. Engineers*, t. XXXV, n° 3, p. 371-397; mars 1916.

1. *The Philippine Journ. of Science*, t. X, sect. A, n° 6, p. 375; nov. 1915.

d'environ 50 cm. de hauteur et 4 m. de diamètre, qui est bâtie sur le sol. Le fond est couvert d'une couche de feuilles de palmier nipa et de balle de riz, qui filtre la terre de la saumure. Au moyen de tubes en bambou, la saumure filtrée est soutirée dans un puits en ciment ou en briques. Puis elle est reversée dans une cuve à lessiver, et l'opération est répétée jusqu'à ce qu'elle soit assez concentrée pour être envoyée aux bassins de cristallisation.

Après que la terre lessivée a légèrement durci, elle est découpée en blocs carrés. Pendant que se fait le lessivage, une autre couche de terre meuble est imprégnée. Elle est amassée en tas autour de la cuve à lessiver pendant que les blocs de terre lessivée sèchent. Quand les blocs sont assez durs, ils sont ramenés sur le terrain. Après que la 2e récolte de terre salée a été jetée dans la lessiveuse, les mottes sont pulvérisées et la terre étendue de nouveau soigneusement pour une autre imprégnation.

Les bassins de cristallisation sont parsemés de tessons de poterie fixés dans un mortier de chaux pour prévenir le mélange de sable avec le sel. Les étangs sont entourés de palissades de bambou couvertes de feuilles de nipa ou de cogon pour empêcher le vent dominant d'y souffler du sable et les cristaux flottants de s'agglomérer tous du côté sous le vent. On y verse constamment de la saumure concentrée, qu'on filtre au travers de paniers remplis de paille pour arrêter la balle de riz qui pourrait provenir de la cuve à lessiver et pour ne pas troubler le fond du bassin. Quand la saumure est suffisamment concentrée pour déposer du sel, chaque jour après le coucher du soleil, quand la température tombe et que la cristallisation est maximum, les cristaux sont ratissés en tas sur le bord des réservoirs, recueillis dans des paniers où ils s'égouttent, et finalement transportés aux entrepôts.

Cette méthode, plus ou moins modifiée, est en usage dans toutes les autres îles de l'Archipel; elle présente une grande ressemblance avec les méthodes employées en Chine.

Le sel produit par la vieille méthode philippine a acquis une grande réputation pour ses qualités de conservation du poisson, qui sont considérées comme supérieures à celles du sel préparé par d'autres procédés.

§ 6. — Biologie

Les mouvements des Amibes et le rôle de la tension superficielle. — Un grand nombre de savants soutiennent que le mouvement chez les Amibes est produit exclusivement par des variations de la tension superficielle; d'autres pensent que ce n'est pas le seul facteur en cause dans ce phénomène, mais ils lui attribuent le rôle le plus important. Des recherches poursuivies par MM. S. O. Mast et F. M. Root au Laboratoire de Zoologie de l'Université Johns Hopkins ont donné des résultats absolument opposés à cette conception[1].

Certaines Amibes se nourrissent tantôt exclusivement de Rotifères, tantôt en grande partie de Paramécies. Elles capturent les Rotifères en se moulant sur le pied au point d'attachement au substratum. Après avoir entouré le pied, elles commencent à se mouler sur le corps. Le Rotifère répond par une contraction et force l'Amibe à reculer, après quoi il s'étend de nouveau et l'Amibe recommence à l'envelopper, et ainsi de suite. Pendant ce temps, le pied commence à être digéré et le Rotifère faiblit; il peut se passer quelquefois plusieurs jours avant qu'il ne soit absorbé. L'ensemble du processus est d'une nature telle qu'après l'avoir observé MM. Mast et Root sont pleinement convaincus que la force exercée par l'Amibe dépasse de beaucoup celle qui peut être produite par des changements de tension superficielle. D'autres observations faites sur la nutrition avec les Paramécies confirment pleinement cette déduction.

Quand les Amibes se nourrissent de Paramécies, elles prennent une forme de champignon, avec un bord dentelé consistant en un grand nombre de courts pseudopodes. Les paramécies tendent à être immobilisées entre et sous les pseudopodes, par lesquels elles sont généralement entourées; mais quelquefois les extrémités des pseudopodes se rapprochent avant qu'ils ne soient complètement étendus et ils coupent la paramécie en deux; cette opération se passe en dix secondes au plus.

Pour couper en deux une paramécie avec une fibre de verre fine, il faut exercer une pression d'environ 9 mgr. Donc, si les pseudopodes ont la même qualité coupante qu'une fibre de verre et si leur mouvement est dû à une variation de la tension superficielle, il faudrait, pour exercer cette action, une réduction de la tension superficielle d'au moins 1118 dynes par centimètre à l'extrémité des pseudopodes. Mais si les pseudopodes se fusionnent par leurs extrémités, de façon à former un anneau autour de la paramécie, et que la scission soit due à une constriction de l'anneau, provenant elle-même d'une variation de la tension superficielle, ce travail nécessiterait une réduction minimum, le long de la surface interne de l'anneau, de 383 dynes par centimètre. Or la tension superficielle du protoplasma atteint au plus 50 dynes par centimètre. Il est donc probable que c'est un facteur négligeable dans le processus de la nutrition des Amibes.

Effets de la force centrifuge sur la polarité de l'œuf de *Crepidula*. — M. E. G. Conklin[1], en soumettant les œufs du Gastéropode marin *Crepidula plana* à une force centrifuge d'une intensité égale à 2000 fois celle de la pesanteur, a observé que le vitellus est rejeté vers le pôle distal ou centrifuge, l'huile et les autres substances légères au pôle centripète, tandis que le noyau et la centrosphère avec la plus grande partie du cytoplasma occupent la zone intermédiaire. Néanmoins, ces substances reviennent lentement à leurs positions normales, pourvu qu'il s'écoule un temps suffisant avant la prochaine division cellulaire. Si celle-ci intervient avant que les substances de l'œuf aient regagné leurs places habituelles, on observe en général une distribution anormale de ces substances entre les deux cellules filles, et comme elles ne traversent pas les parois de séparation cette distribution anormale persiste pendant le développement ultérieur. Dans chacune des cellules filles, toutefois, le protoplasma se rend au pôle animal et le vitellus au pôle végétatif, et la suite du développement est presque normale, sans qu'il soit possible d'effacer complètement les effets de la dislocation antérieure.

Ce fait, déjà observé sur les œufs centrifugés d'autres animaux, que la polarité et le type d'organisation persistent dans un œuf après que tous les constituants visibles ont été rejetés loin de leurs positions normales, est très remarquable et mystérieux. La polarité est-elle le résultat de quelque influence immatérielle, de quelque entéléchie? Est-elle un phénomène purement physiologique, dépendant, comme le croit Child, du degré de métabolisme aux différents pôles? Ou bien la polarité persiste-t-elle dans quelque substance matérielle qui n'est pas déplacée par la force centrifuge?

C'est cette dernière hypothèse qui paraît à M. Conklin la plus acceptable. Mais quelle est la substance ou la relation de parties où persiste la polarité? Lillie avait conclu antérieurement que la polarité est une propriété de la « substance fondamentale » de l'œuf, cette substance étant « un fluide qui n'a pas de structure filaire, réticulaire ou alvéolaire », mais qui est « fermement

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. II, n° 3, p. 188; mars 1916.

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences*, t. II, n° 2, p. 87-90; févr. 1916.

organisé », de sorte qu'il n'est pas affecté par la centrifugation. Les substances qui sont disloquées par la force centrifuge ne sont que des « inclusions » dans cette « substance fondamentale »; donc les œufs où ces inclusions sont forcées d'occuper des positions anormales sont toujours capables de développement normal, car leur « substance fondamentale » reste inaltérée. Il est évident, d'après l'emploi que Lillie fait de ce terme, qu'il y comprend ce qu'on appelle communément le « protoplasme », par opposition aux « inclusions » ou metaplasme.

Dans les œufs qui contiennent relativement peu de vitellus, il semble possible d'identifier cette « substance fondamentale » avec le protoplasme général; mais, chez les œufs de *Crepidula*, où le vitellus constitue plus des trois quarts du total, le protoplasme, en comprenant sous ce terme le cytoplasme, le noyau et la centrosphère, est transporté tout entier d'un pôle à l'autre quand le vitellus est déplacé de sa position normale. S'il existe ici une « substance fondamentale » non déplacée par la centrifugation, elle doit constituer une portion relativement faible du protoplasme général de l'œuf.

On peut prouver qu'il en est bien ainsi et que, tandis que la plus grande partie du cytoplasme est plus ou moins libre de se mouvoir sous l'influence de la force centrifuge, il y a une portion plus dense et plus résistante qui n'est pas stratifiée par la force centrifuge. Chez le *Crepidula*, cette portion se trouve dans une mince couche périphérique qui garde sa position tant que l'œuf ne se rompt pas et dans un réseau de cordons qui court à travers la cellule et relie le noyau et la centrosphère à la couche périphérique. Pendant les stades non divisionnels, ces cordons sont ténus et moins résistants et peuvent être tendus ou distordus, mais sont rarement brisés. Ils maintiennent la centrosphère et le noyau dans une relation définie l'un par rapport à l'autre et à l'axe de la cellule, la centrosphère se trouvant toujours du côté du noyau qui est vers le pôle animal et près du bord libre de la cellule. Quel que soit l'axe suivant lequel l'œuf est centrifugé et à quelque distance que la centrosphère et le noyau soient éloignés du pôle animal, la centrosphère conserve toujours cette position du côté du pôle animal du noyau; souvent même, on peut la voir reliée avec la couche périphérique par des cordons de protoplasme plus dense.

Pendant la division cellulaire, les cordons qui partent du centrosome sont plus forts et plus résistants que pendant les stades non divisionnels, de sorte qu'il est beaucoup plus difficile de mouvoir la figure mitotique que de déplacer le noyau et la centrosphère au repos. En réalité, il est pratiquement impossible de déplacer cette figure quand les radiations astrales sont bien développées, sans détruire le pouvoir de développement ultérieur.

D'autre part, si le noyau et la centrosphère sont déplacés de leurs positions normales pendant les stades non divisionnels et qu'on les empêche de retourner à leur place en prolongeant la centrifugation, ils subissent la division dans ces nouvelles positions et donnent naissance à des cellules qui sont plus ou moins distantes de leur place normale. Ainsi on peut faire apparaître les corps polaires et les cellules ectodermiques au pôle végétatif ou en un autre point quelconque de la surface au lieu du pôle animal; néanmoins, les portions protoplasmiques des cellules contenant le vitellus retournent au pôle animal quand la centrifugation cesse, à moins qu'elles n'en soient empêchées autrement. Dans quelques cas où la centrifugation a eu lieu pendant le stade à deux cellules, le protoplasme et le vitellus ont regagné leurs positions normales dans une cellule, mais non dans l'autre.

Tous ces faits indiquent qu'il est difficile, mais non absolument impossible, de modifier la polarité des œufs et des cellules de clivage, et que la persistance de la polarité dans les œufs centrifugés et la restauration des parties déplacées dans leurs positions normales sont liées à un réseau résistant de cordons protoplasmiques qui maintiennent les positions relatives du noyau et de la centrosphère dans l'axe de la cellule.

§ 7. — Physiologie

L'utilisation des mutilés de la guerre. Depuis la publication de l'article sur la méthode chronocyclographique d'étude des mouvements[1], nous avons reçu de M. Frank B. Gilbreth des renseignements complémentaires sur l'application de cette méthode à l'utilisation des mutilés de la guerre.

Cette question prend chaque jour une importance plus grande : déjà l'on peut estimer à plus de deux millions le nombre d'hommes qui, parmi tous les belligérants, ont perdu l'usage d'un ou plusieurs de leurs membres, et leur nombre ne cessera de s'accroître jusqu'à la fin de la guerre.

Ces mutilés peuvent être classés grosso modo en trois catégories: 1° ceux qui accomplissaient principalement un travail intellectuel; 2° ceux qui accomplissaient principalement un travail physique, mais dont les capacités leur permettront de s'adonner à un travail intellectuel; 3° ceux qui accomplissaient un travail physique, et dont les capacités et les inclinations sont confinées au travail physique. Les deux premières catégories se tireront d'affaire d'une façon relativement aisée; mais, pour la troisième, la solution du problème présente de grandes difficultés.

Fig. 1. — *Dispositif pour l'enregistrement des chronocyclographes.* — On voit la petite lampe électrique fixée à l'index de la main droite, et l'écran pénétrant quadrillé qui permet de mesurer l'étendue des mouvements.

Voici comment M. Gilbreth propose de l'attaquer[2]:

D'abord, prenant en considération le facteur psychologique qui est très important, il faut inspirer au mutilé le sentiment qu'il peut rester, ou devenir, un membre productif de la communauté. On y arrivera en recueillant des renseignements sur les mutilés de divers types qui ont réussi à devenir utiles et à gagner leur vie. M. Gilbreth a déjà réuni un nombre considérable de données de ce genre, qui serviront non seulement à encourager le mutilé en lui suggérant ce qui *a été fait* et ce qui *peut être fait*, mais donneront aussi des méthodes immédiates pour résoudre les problèmes

1. Frank B. et L. M. Gilbreth : L'étude des mouvements par la méthode chronocyclographique. *Rev. gén. des Sciences* du 30 mars 1916, t. XXVII, p. 173.

2. F. B. Gilbreth : Motion study for the crippled Soldiers. Communications à l'*American Soc. of Mechan. Engineers* (12 oct. 1915) et au Congrès de *The American Assoc. for the Advancement of Science* (Colombus, 27 déc. 1915).

individuels. Mais, au-dessus de ces illustrations particulières, il doit exister une *méthode scientifique* pour étudier la condition générale et personnelle de chaque

Fig. 2. — *Chronocyclographe d'un compositeur d'imprimerie plaçant des caractères dans un composteur.*

mutilé, diagnostiquer son cas particulier et prescrire un remède adéquat.

C'est dans cette dernière voie que M. Gilbreth a surtout dirigé ses efforts, et il estime que sa méthode chronocyclographique d'étude du mouvement, telle qu'elle a

Fig. 3. — *Modèle en fil métallique des mouvements d'une jeune fille pliant des mouchoirs, exécuté d'après le diagramme cyclographique.*

été exposée ici, avec ses modèles de mouvements et ses diagrammes de mouvements cycliques simultanés, fournit une solution générale du problème.

Cette méthode considère, en effet, tout travail à effectuer comme une *demande* de mouvements, et tout travailleur comme un *fournisseur* de mouvements. Elle vise donc : d'abord à déterminer quels mouvements *ont été* employés pour le travail, quels mouvements *peuvent* être utilisés et quels mouvements *doivent* être utilisés. Puis elle cherche à trouver quels mouvements *sont possibles* au travailleur proposé, et elle en déduit quel est le type de travail qui est *le mieux adapté* à un travailleur donné.

En général, un mutilé préférera revenir à la profession qu'il exerçait avant la guerre, ou à un travail qui s'en rapproche le plus possible. Cela ne se pourra

Fig. 4. — *Autres modèles de mouvement exécutés d'après les chronocyclographes.*

généralement qu'au prix de certaines modifications destinées à adapter le travail aux possibilités du mutilé : réarrangement du milieu, de l'équipement, modification des outils ou des machines, ou bien modification de la méthode de travail, en chargeant un autre membre des mouvements qui étaient exécutés par le membre paralysé ou manquant.

C'est ici que le diagramme des mouvements simultanés intervient avec avantage. Pour prendre un exemple, supposons qu'un travailleur qui a perdu le bras gauche désire retourner à son ancien métier, qui nécessitait apparemment l'usage des deux bras et des deux jambes. En examinant le diagramme des mouvements correspondant à cette occupation, on trouve que les deux tiers de l'ouvrage sont faits par le bras droit, le bras gauche travaillant relativement peu. On trouve encore que, quand les deux bras sont occupés simultanément, pendant la plus grande partie du temps l'un ou l'autre est engagé dans l'opération dite « transport à vide » ; ce n'est que pour de courts intervalles que les deux bras travaillent vraiment simultanément. On en conclut qu'il est très facile de transférer les opérations du bras gauche, en modifiant légèrement les conditions du travail, soit au bras droit, soit aux jambes, qui, quoique représentées comme travaillant parce que l'ouvrier est debout, ne fournissent en réalité aucune activité productrice. En effet, le travail ici en vue pourrait être exécuté aussi bien par un homme assis, ce qui lui laisserait l'usage de ses jambes. Par contre, si l'ouvrier mutilé a perdu ses deux bras, on voit immédiatement qu'il doit se livrer à une autre catégorie de travail qui peut être exécuté sans l'usage des mains.

Pour l'application de cette méthode, chaque type de travail doit être analysé dans ses mouvements et ses éléments de mouvements, et les mouvements doivent être classés suivant la force, l'adresse et les nombreuses autres variables qu'ils nécessitent. On pourra ensuite assigner à chaque travailleur, mutilé ou normal, le type de travail qu'il peut accomplir avec le plus de profit pour lui-même, son patron et la communauté. Cela nécessitera sans doute des recherches considérables, mais dont des millions d'hommes seront appelés à bénéficier.

SCIENCE GERMANIQUE ET SCIENCE LATINE

Cette étude a pour objet de déterminer les caractéristiques de la Science telle que la cultivent les peuples de race germanique et ceux de race latine. Ce n'est pas chose facile, une telle étude réclamant de vastes connaissances ainsi qu'une grande ampleur de vues, non moins que de la largeur et de la modération d'esprit, de la part de celui qui traite une question délicate, dans laquelle il est, en outre, juge de sa propre cause. Je ne saurais me flatter de les posséder; mais je demande à mes lecteurs de se faire juges à leur tour et de rectifier mon opinion si cela leur paraît nécessaire.

I

Au premier abord, il semble facile de faire la comparaison entre la science germanique et la science latine en prenant de chaque côté les hommes éminents dont s'honorent les deux races, en examinant le caractère de leur œuvre, les points saillants des mentalités respectives, pour reconnaître ainsi la différence entre les uns et les autres. A première vue, il paraît évident que les caractères d'une race trouvent leur plus haute expression et personnification dans les hommes de génie qui lui appartiennent.

J'avoue que, moi aussi, quand je me proposai d'étudier ce thème, je crus d'abord pouvoir le développer facilement et d'une façon attrayante en choisissant dans les deux races, germanique et latine, les savants les plus éminents pour les comparer entre eux. Bien entendu, l'Astronomie, la Géodésie et les sciences voisines m'étant plus familières que les autres, mon étude aurait porté principalement sur les savants qui ont cultivé ces sciences. Mais, lorsque j'eus mis d'un côté Galilée, Clairaut, d'Alembert, Volta, Lagrange, Laplace, Lavoisier, Le Verrier, Oriani, Secchi, et de l'autre Copernic, Kepler, Euler, Gauss, Bessel, Struve, Hansen, Helmholtz, Wirchow, Gyldèn, Auwers, j'ai vu, ou du moins j'ai cru voir que ces génies ont leur caractère propre, et j'en ai conclu que la comparaison entre les diverses races doit se faire en examinant la masse en général et non en prenant pour types ceux qui émergent et s'élèvent au-dessus du caractère commun aux individus d'un même peuple.

Quand, par exemple, j'ai cherché à déterminer le génie latin dans Descartes, créateur de l'application de l'Analyse à la Géométrie, j'ai vu tout à coup se lever devant moi la grande figure de Leibnitz, qui de son côté en Allemagne (comme Newton en Angleterre) créait le Calcul infinitésimal. Quand j'admirais le puissant génie de l'auteur de la *Mécanique Analytique*, notre grand mathématicien et astronome Lagrange, je voyais s'élever de l'autre côté du Rhin Euler, à qui doivent tant l'Analyse mathématique, la Mécanique, la Physique et l'Astronomie. Si je m'inclinais avec admiration devant le monument scientifique qu'est la *Mécanique céleste* de Laplace, l'immortel volume de Gauss, *Theoria motus corporum celestium*, et le *Traité des orbites* de Gyldèn ne m'inspiraient pas une moindre admiration. A la *Théorie de la Lune* de Clairaut correspond à la même époque celle d'Euler, et plus d'un siècle après, à la *Théorie lunaire* d'Hansen, répond celle de Delaunay.

Devant ces colosses, on ne peut que s'incliner, en les associant dans un hommage unique d'admiration, ne s'adressant pas à une nation plus qu'à une autre, mais au génie humain, car c'est avec raison que l'on a dit que ces grands génies n'appartiennent pas à un peuple en particulier, mais à l'humanité tout entière. Quelle que soit la patrie où surgissent ces hommes qu'entoure l'auréole du génie, ils se ressemblent singulièrement; tout comme les membres d'un même tronc, ils sont frères en valeur dans leur isolement, et, parce qu'ils sont des exceptions, sont les moins propres à caractériser un peuple, une race.

On a dit avec raison : *le génie n'a d'autre loi que lui-même;* mais précisément parce que les génies échappent à la loi, à laquelle ils constituent d'heureuses exceptions, on ne peut les prendre pour bases de comparaisons où l'on argumente *ex communiter contingentibus* (sur les cas communs) et non sur les cas exceptionnels.

II

Donc, abstraction faite des hommes éminents, nous sommes amenés à considérer dans son ensemble l'orientation donnée à la science dans l'une et l'autre race, en cherchant dans la production scientifique et l'enseignement des explications de la mentalité où se révèle le mieux l'âme d'un peuple. Il est certain que, s'il fut dit avec raison : « Un peuple a le gouvernement et les lois qu'il mérite », il me semble tout aussi évident qu'un peuple a la science qui répond le mieux à ses aptitudes, à son caractère.

D'après ce criterium, un premier caractère qui distingue la science allemande me semble

son profond *esprit d'analyse.* Ne parlons pas de superficiel là où les Allemands mettent la main. Pour eux, la mesure n'existe pas ; quand ils se mettent à traiter un problème, une question, ils ne laissent pas grand'chose à faire aux autres. Leur action est celle de la tarière ou du laboratoire de chimie analytique. Certainement cet esprit d'analyse, surtout dans les Sciences exactes et de précision, est une belle qualité. Dans nos disciplines, le superficiel est chose funeste; la volubilité et les chimères, les vols des âmes romantiques sont hors de propos. Ce soin minutieux dans les recherches scientifiques se rencontre dans presque tout ce qui sort des usines allemandes, soit qu'il s'agisse d'œuvres classiques ou de volumineux traités de professeurs, soit d'une simple « dissertation inaugurale » ou d'une thèse de concours. Les premières publications embrasseront un champ plus vaste, une autre portera sur une question particulière, mais l'une et l'autre vont jusqu'au fond, avec un luxe de détails qui chez nous, Latins, provoque la fatigue et l'ennui.

En effet, si l'on suit les Allemands dans leurs minutieuses recherches, on aperçoit la forte trempe de leur caractère, cette résistance à toute épreuve qui est une caractéristique de ce peuple. Qui veut entreprendre des travaux de longue haleine, auxquels ne suffisent ni un ni deux hommes de science, mais des générations de savants, doit se tourner vers le Nord-Est et prendre le train pour Berlin. Voici quelques exemples.

Si nous possédons aujourd'hui un immense catalogue de 300.000 étoiles, catalogue qui n'est pas une simple énumération, mais qui contient pour chaque étoile l'exposé succinct de ses caractéristiques — est-elle simple, double, quel est son éclat, sa couleur, quelles sont ses coordonnées célestes qui en fixent la position pour une époque donnée et permettent de la retrouver (en d'autres termes quelles sont son ascension droite et sa déclinaison), sur combien d'observations s'appuie cette position, et quelles sont (dans le 1er et le 2e terme) les variations par effet de la précession selon l'une ou l'autre coordonnée, ainsi que le mouvement propre en ascension droite et déclinaison — si nous pouvons aujourd'hui admirer les vingt volumes in-folio que comprend ce catalogue, nous devons en savoir gré à la société allemande *Astronomische Gesellschaft*, qui en prit l'initiative, il y a 65 ans, en y consacrant le travail infatigable d'une centaine d'astronomes et de plusieurs centaines de calculateurs.

De même, si nous voulons voir un inventaire complet des petites planètes (environ 800), si nous désirons connaître les éléments de l'orbite (et, pour la plupart, même les perturbations générales ou spéciales) aussi bien que le registre ou dossier des observations et calculs de ces astres, nous devons nous adresser au *Königlische Astronomische Rechen-Institut* de Berlin. Là nous trouverons un immense casier, pareil à ceux d'une grande pharmacie, une série d'environ un millier de tiroirs, dans chacun desquels, au lieu de quinquina, de rhubarbe ou de camomille, on trouve le dossier d'une petite planète ou d'une comète.

III

Et voilà que, sans m'en apercevoir, je suis en train de discourir sur un autre caractère de la science germanique, c'est-à-dire l'organisation admirable du travail, l'esprit systématique, la réglementation de la production scientifique. Et cette puissante organisation dont s'enorgueillit l'armée allemande, cette série d'instructions, règles et règlements qui sont comme un besoin de ce peuple, nous la voyons portée dans tous les domaines, même ceux du travail intellectuel et de la production scientifique.

C'est ainsi que cette petite Association géodésique créée par le général allemand Baeyer, en 1861, dans le but de coordonner les travaux géodésiques, astronomiques, topographiques et cartographiques des diverses régions de l'Allemagne, s'accrut au point de devenir cette vaste institution qu'est aujourd'hui la *Internationale Erdmessung*, qui a pour but de mieux connaître, d'une part, la forme et les dimensions du globe terrestre, sur lequel des centaines de bases ont été déjà mesurées sur le terrain, la perche à la main, et où l'on a formé plus de 50.000 triangles idéaux du 1er et du 2e ordre, et, d'autre part, l'intensité de la pesanteur dans les diverses régions, les déviations de la verticale par les attractions locales, les marées de la croûte terrestre, les déplacements des pôles, les variations des latitudes. En un mot l'étude du globe, non en tant que demeure de l'homme, ce qui est affaire de la géographie, mais au point de vue géométrique, astronomique, mécanique, l'étude du globe dans son ensemble, comme un immense bloc massif à mesurer, peser, représenter sur la carte, voilà le but de l'*Association géodésique internationale*, dans laquelle sont représentés tous les États du monde entier.

C'est certainement un beau spectacle que celui que présentent ces grandes assises de la science, dans lesquelles fraternisent Italiens, Espagnols, Français, Anglais, Allemands, Russes et jusqu'à des Japonais et des Chinois. On ne

peut dire ce qu'est devenue cette institution dans le cataclysme de la guerre actuelle. Les esprits ont aujourd'hui autre chose à faire que de mesurer et décrire notre globe, qu'il s'agit de bouleverser et d'inonder de sang.

Visitons un Institut scientifique allemand ; ce qui frappe, c'est l'ordre, la discipline, non seulement extérieure au point de vue de la direction scientifique et de la division du travail, mais jusque dans ce laboratoire intérieur qu'est le cerveau humain, comme on le voit par les productions scientifiques de cet Institut. On dirait que les cinq ou dix employés qui y sont attachés sont non seulement cloués à leurs tables respectives, mais que jusqu'à leur esprit déroule mécaniquement leur propre activité.

IV

Arrivons maintenant aux défauts de l'évolution scientifique de la race allemande, dont on peut dire, comme de beaucoup de personnes, d'ailleurs bonnes, droites, vertueuses, qu'elle a le défaut de pousser ses qualités à l'excès. Le sens de la mesure lui manque, elle exagère des principes bons en eux-mêmes, mais qui demandent à être appliqués avec un grain de sel.

Pour en revenir à ce que je disais au début, si la caractéristique de l'esprit d'analyse est incontestablement estimable, descendre aux particularités et minuties dénuées d'intérêt, ne pas proportionner les moyens à la fin, constitue de véritables défauts. Dans combien de travaux allemands n'a-t-on pas à déplorer un luxe de détails et l'énergie déployée dans des raisonnements de peu ou pas d'importance.

En érigeant en méthode, en règles mécaniques, en règlements militaires les recherches scientifiques, on a obtenu un formalisme qui opprime, paralyse et tue. Ne cherchez pas des initiatives hardies, des éclairs de génie, même chez ceux qui ne sont pas des génies des idées lumineuses et fécondes, un regard d'ensemble et synthétique exprimé dans une formule brillante, limpide, compréhensive et surtout simple, comme le sont toutes les lois de la Nature : moins encore ne cherchez pas beaucoup de personnalité dans les recherches des Allemands. Ils ont des règles établies ; on part de tel endroit, on prend telle voie, on marche de telle façon, et on arrive à tel résultat. Qu'un esprit indépendant raisonne à sa façon, qu'un précurseur voie les choses sous un nouvel aspect et découvre de nouveaux horizons, qu'un novateur trouve que l'on peut se dégager d'une entrave et faire mieux qu'auparavant, c'est un phénomène rare chez les peuples que nous étudions. Ne demandez pas aux Allemands des élans de l'esprit, de la souplesse du jugement : le règlement est le règlement, les instructions sont les instructions, il n'y a qu'à les suivre. Mais il s'agit d'un cas exceptionnel, mais ici les choses changent d'aspect, mais suivre les règles ordinaires nous imposerait un travail hors de proportion avec le but proposé... N'importe ! Le règlement, les règles établies, les instructions avant tout et surtout : *Verhaltungsbefehl über alles !*

Les exemples abondent ; mais examinons quelques-unes des recherches scientifiques où excellent les Allemands. Je vous ai déjà parlé des catalogues d'étoiles. Ce sont travaux de longue haleine, mais qui n'exigent pas un grand génie ; même, soyons sincères, qui n'en exigent pas beaucoup. Ce sont des publications vraiment utiles dans bien des recherches scientifiques ; par exemple, si l'on prend la position d'une petite planète, d'une comète, on se rapporte à quelque étoile voisine, dont la position est connue. C'est donc un grand avantage pour les observateurs de trouver dans chaque zone du ciel des étoiles dont la position est exactement déterminée. Et comme la position des étoiles varie lentement d'un mouvement continu par la précession et leur mouvement propre, il est nécessaire de pouvoir passer de la position donnée par le catalogue à une époque donnée à la position au moment où l'on observe. En outre, pour avoir l'heure exacte, tant pour les recherches scientifiques que pour les usages de la vie, il faut connaître avec la plus grande précision la position d'un grand nombre d'étoiles, un millier et plus. De ces étoiles, dites fondamentales, on a formé un catalogue appelé fondamental, lui aussi. Eh bien ! les Allemands sont nos maîtres pour l'établissement des catalogues d'étoiles ; celui d'Auwers (ravi naguère à la Science) est un vrai monument scientifique. Il y consacra cinquante ans de sa vie, recueillant, examinant, discutant un million d'observations faites par des astronomes de tous les pays. Et comme il s'occupait de déterminer la position des étoiles au centième de seconde en arc et au millième en temps, et les précessions et les mouvements propres avec une ou deux décimales de plus, Auwers a travaillé pendant cinquante ans sur des chiffres décimaux, ce qui faisait dire en Allemagne : « Depuis cinquante ans, Auwers vit au delà de la virgule. »

Il n'est pas douteux que l'œuvre d'un tel homme soit colossale, digne de tout respect et d'admiration, mais elle n'est pas exempte de critique et, à mon humble avis, présente cette caractéristique de la mentalité allemande que j'appellerai défaut de proportion entre les moyens

et le but, confiance exagérée dans les règles et moyens techniques, absence d'esprit critique et de souplesse intelligente. Par exemple, pour déduire la position d'une étoile, on met en colonnes 10, 100 positions et plus, données par divers astronomes observateurs. La grande préoccupation de celui qui prépare un catalogue est celle de la valeur à donner aux observations de chaque astronome. Par une série de preuves, de contre-preuves, d'après des règles qui sont pour les Allemands ce que les Tables de la Loi étaient pour les Hébreux, on arrive à fixer un nombre qui caractérise l'autorité, la valeur, le *poids* de chacune des sources astronomiques. Une fois fixé le poids de chaque source, les fidèles n'ont plus qu'à le lui donner constamment. Mais voilà que pour une étoile la position donnée par une source, par exemple le catalogue de Lalande, diffère des autres. En cette occurrence, un astronome français, un espagnol, et certains astronomes italiens indépendants et non inféodés à la Germanie, ou enverraient promener la position qui diffère ou lui attribueraient un poids moindre que celui qui a été adopté ; l'astronome allemand, lui, fidèle au programme qui lui est tracé, donnera toujours le même poids.

V

En parlant des *poids*, j'ai touché une branche de science qui s'est développée exclusivement en Allemagne, la *Théorie des erreurs* et la *Méthode des moindres carrés*. Legendre, en France, entrevit cette méthode et s'en servit ; Gauss, en Allemagne, l'approfondit, en jeta les bases, en fit une branche de science, et, aujourd'hui, elle est la pierre angulaire de l'Astronomie, de la Géodésie et, en général, de toutes les Sciences de mesure dans les pays au delà du Rhin. Or cette branche de science fournit une preuve, une caractéristique de la mentalité allemande ; je dirais comme un thermomètre qui mesure le degré de cette culture et en montre les défauts. Voici comment. Cette branche de science fut inventée pour avoir des règles permettant de déduire, d'une série de mesures d'une grandeur, la valeur qui s'approche le plus de la véritable. Depuis des siècles, le bon sens avait senti que la moyenne arithmétique des diverses mesures faites est la meilleure valeur que l'on puisse adopter. Mais de ce principe, à force de commentaires et de raisonnements, on est allé si loin que la théorie des erreurs a une bibliographie étendue.

Pour trouver des règles ou préceptes s'appliquant à tous les cas possibles où l'on cherche la meilleure valeur d'une ou de plusieurs grandeurs, que l'on prend comme inconnues et qui doivent se déduire de nombreuses observations, on a dû faire plusieurs hypothèses ; c'est seulement de la sorte qu'on pouvait trouver un auxiliaire dans l'Analyse mathématique. Il en résulte que les résultats obtenus par l'application de ces règles et préceptes n'ont de valeur qu'autant que les hypothèses se réalisent dans la série des mesures dont on s'occupe ; mais comme il n'y a pas un argument, une preuve décisive que l'hypothèse soit vraie, les résultats de la théorie des erreurs doivent, si je ne me trompe, n'être acceptés que sous bénéfice d'inventaire ; et je ne suis pas seul de cet avis, car les savants français ne donnent généralement pas à la théorie des erreurs l'importance, qu'elle a prise chez les Allemands, d'un article de foi scientifique. A mon sens, comme il n'est pas possible de constater si ces hypothèses se vérifient, et même, si l'on réfléchit bien, comme on peut démontrer, au contraire, que ces hypothèses ne se vérifient jamais, il en résulte que, dans la discussion d'une série d'observations, on ne peut aveuglément s'en tenir aux règles de cette théorie et substituer à l'intelligence de l'homme de science un procédé de calcul.

En effet, pendant qu'avec la théorie des erreurs on voulait exclure l'arbitraire, avec l'obéissance absolue aux règles on arrive souvent à exclure le bon sens. Les procédés techniques, les artifices, les manipulations de chiffres et choses semblables, en usage dans les sciences d'observation, doivent être des auxiliaires, non des obstacles ; il se tromperait lourdement celui qui voudrait donner à ces moyens extérieurs une importance et une nécessité telles que l'action du savant soit réduite à peu ou même à rien. La Science est pour l'homme et c'est l'homme qui la fait ; celui-ci doit conserver toujours une part prépondérante et malheur à qui cherche à la supprimer. C'est là précisément un des défauts de la direction scientifique allemande. A multiplier les règles, les préceptes, les instructions, à réglementer étroitement la pensée, on court le risque de transformer la Science en un mécanisme, les savants en automates.

VI

Pour en revenir à la théorie des erreurs, on a beau dire et répéter que ses règles se rapportent à des observations exemptes d'erreurs systématiques et entachées seulement d'erreurs fortuites, il n'en est pas moins vrai que les plus grands astronomes de l'Ecole Allemande ont fait l'application de cette théorie à des cas où plus tard on a reconnu qu'elle ne pouvait s'appliquer par suite

de l'intervention d'erreurs systématiques. On connaît ce qui arriva au directeur de l'Observatoire de Berlin, Encke, quand, voulant améliorer et perfectionner la valeur de la parallaxe du Soleil, 8″,813, adoptée par Laplace, et fondée surtout sur les observations du passage de Vénus sur le Soleil en 1769, il crut bien faire en mettant en ligne de compte toutes les observations de ce phénomène, sans aucun choix, laissant faire le reste à la méthode des moindres carrés. Il arriva ainsi à 8″,57, valeur qui, par l'autorité d'un tel homme, fut adoptée et tenue pour exacte, jusqu'au jour où d'autres faits astronomiques et la campagne active menée contre elle par le français Le Verrier convainquirent les astronomes que la méthode des moindres carrés avait fait là une mauvaise preuve, et l'on revint à l'ancienne valeur. Aujourd'hui on tient la parallaxe du Soleil pour égale à 8″,806.

Moins connu est l'insuccès de Guillaume Struve dans sa recherche de la constante de l'aberration annuelle. Ce grand astronome de Pulkowa, tout imprégné des méthodes allemandes, partit de la valeur 20″,50, la plus approchée de celle que l'on tient aujourd'hui pour la plus proche de la vérité, c'est-à-dire 20″,51; il exécuta une longue série de belles observations de passages d'étoiles par le plan appelé premier vertical, c'est-à-dire le plan vertical perpendiculaire au méridien. Avec un grand luxe de précautions et de discussions, il adopta pour les déclinaisons des étoiles observées par lui les valeurs qui, suivant la théorie des erreurs, devaient être tenues pour les meilleures, et finalement il arriva à la valeur 20″,4451, de beaucoup plus éloignée du vrai que celle du point de départ. Dépenser tant de fatigues, déployer tant de sagacité et d'adresse pour mettre en œuvre les moyens fournis par la théorie et aboutir à ce résultat de laisser une bonne valeur pour s'arrêter à une autre beaucoup moins parfaite!

Cette exagération de la valeur et de l'emploi des moyens techniques, où l'on perd le but de vue, cette disproportion entre les uns et l'autre, trahit l'absence d'esprit philosophique et de cet équilibre dans l'esprit dont les Latins peuvent s'enorgueillir.

VII

En effet, quelle différence entre la production allemande et latine! Cette dernière aura quelquefois le défaut de ne pas aller jusqu'au fin fond de la question; on dirait que la tendance au classicisme, à l'art, à la poésie, conduit à se contenter dans certains cas d'une simple intuition, et, pour parler franc, ajoutons que le soleil tiède et les molles brises de la mer ne sont pas les meilleures conditions pour contenir l'esprit et tenir les hommes cloués pendant des années à une table ou enfermés dans une bibliothèque sous un monceau de livres, pour des recherches de longue haleine. C'est la même souplesse d'esprit qui rend les Latins impatients du frein et des entraves et plus expansifs; mais quelle différence dans la façon de traiter les questions, de rapprocher entre eux les faits scientifiques malgré la diversité des apparences, de discuter avec indépendance et critique les données de l'expérience, de découvrir les lois, de formuler des hypothèses, de créer des théories; et finalement, quelle empreinte personnelle portent nos travaux quand ils ne sont pas servilement calqués sur les travaux allemands, quand ils furent conçus et exécutés suivant l'esprit latin.

On peut remédier au défaut de résistance en augmentant le nombre des travailleurs; mais à l'absence de vivacité intellectuelle, d'esprit philosophique directeur, d'un talent varié, on ne peut remédier en perfectionnant les méthodes de calcul et les appareils mécaniques, en un mot avec la technique de la science. Que l'on perfectionne sans cesse les moyens d'investigation (pour n'en citer qu'un, que l'on invente des procédés photographiques pour obtenir l'image fidèle des astres, des phénomènes célestes); que Max Wolf invente le *stéréocomparateur*, pour découvrir les parallaxes d'étoiles, que Repsold et Bamberg construisent les micromètres qu'ils ont appelés *impersonnels*, pour atténuer l'équation personnelle des astronomes; derrière tout cet arsenal de moyens matériels, il faudra toujours une intelligence pour tirer profit des éléments recueillis, et si la Germanie invente des appareils impersonnels, les savants latins sont fiers de mettre leur empreinte personnelle sur leurs travaux.

Le marchand de lunettes inconnu de Wesel inventa bien un tube avec deux lentilles qui grossit les images des objets éloignés; mais à peine Galilée a-t-il connaissance de cet appareil qu'il le reconstruit de lui-même, crée la véritable *lunette* et a le très grand mérite, qu'on ne peut lui contester, de la tourner vers le ciel et de faire plus de découvertes en 20 ans qu'on n'en avait fait dans les 20 siècles précédents!

Otto de Guéricke s'amuse avec sa machine électrique qui ne pouvait avoir d'applications; Alex. Volta crée la pile électrique, qui transforme la science et l'industrie, prépare la voie au télégraphe, dont l'origine est due au Français Ampère.

Daguerre vient à peine d'inventer la photographie que le génie latin d'Arago prévoit et prophétise son application aux astres, et plus

tard les frères Henry, Lœwy et Puiseux, Deslandres, réalisent ces souhaits de la façon la plus parfaite.

Les Allemands s'éreintent à tracer les règles de la théorie des erreurs. Le Verrier déclare ne pas s'y fier ; ce qui ne l'empêche pas de concevoir et conduire à bonne fin l'immense et puissant travail sur les orbites des grandes planètes, monument scientifique qui encore aujourd'hui provoque l'admiration unanime. Dans ce travail, où il utilise des milliers d'observations pour en déduire la valeur d'une cinquantaine de constantes astronomiques, le grand Français n'a jamais voulu assigner à ces valeurs l'erreur respective probable, le *wahrscheinlich Fehler*.

Et si Bessel, après avoir largement appliqué la théorie des erreurs à la mesure d'arcs de méridien, croit pouvoir donner la valeur de l'aplatissement terrestre avec le luxe de 4 chiffres décimaux au dénominateur, le bon sens et l'humour latins, par la bouche de Le Verrier, déclarent: « Le chiffre des dix-millièmes peut être juste, mais celui des entiers ne l'est certainement pas... » Et, en effet, nous savons aujourd'hui que sur le dénominateur de Bessel il y avait une erreur de plus de deux unités. Allez donc, après cela, vous fier aux moindres carrés.

Hertz découvre les ondes qui portent son nom, mais c'est Marconi qui a l'idée géniale de les appliquer aux communications à grande distance et invente la T. S. F.

Frauhofer et Kirchhoff découvrent les raies du spectre solaire et en font une étude approfondie ; mais c'est le génie latin du P. Secchi qui pendant trente ans applique la spectroscopie à l'étude de la constitution et de la composition chimique de plus de 4.000 étoiles et les classe en 4 types suivant leurs températures et leurs stades d'évolution.

Tandis que les Allemands continuent à appliquer leurs méthodes au calcul des orbites, notre Schiaparelli, avec une intuition géniale, calcule les orbites de plusieurs essaims d'étoiles filantes et démontre qu'elles sont identiques à celles d'autant de comètes, créant ainsi sa belle théorie de l'identité entre ces deux classes de corps célestes et découvrant la constitution intime des comètes.

Nobile, de Naples, réussit à démontrer que les latitudes varient ; Fergola, également de Naples, propose l'observation simultanée des mêmes étoiles dans des lieux égaux en latitude, mais de longitude opposée. Les Germains s'emparent des idées de ces astronomes de notre race et, après de longs préparatifs, arrivent à organiser les six stations internationales de latitude. Mais pendant qu'à Potsdam on porte aussi loin la prétention de raisonner sur un millième de seconde d'arc, Radau, Callandreau et d'autres de chez nous protestent au nom du bon sens contre de telles exagérations. Il se passe bien ainsi quinze années pendant lesquelles, dans l'Office géodésique de Potsdam, on s'obstine à maintenir ces stations, qui ont donné désormais ce qu'elles pouvaient, et à tracer tous les ans, avec une ennuyeuse monotonie, les courbes que, suivant les Allemands, décrit le pôle Nord de notre globe ; mais, finalement, un astronome indépendant, de race latine, découvre l'existence des oscillations à petite période et en démontre la connexion avec l'action lunaire qui produit les marées même sur la croute terrestre et dans l'atmosphère de la Terre, d'où la déviation de la verticale, établissant ainsi que les variations des latitudes ne sont pas dues seulement au déplacement du pôle, mais aussi et surtout aux déviations de la verticale ; ce qui fit ressortir combien le travail de Potsdam était incomplet et défectueux.

VIII

Je m'aperçois qu'à continuer ainsi, à comparer la science d'en deçà du Rhin avec celle d'au delà, je n'en finirais pas ; mais je ne peux m'empêcher de relever que, par ce sens du beau, ce goût artistique propre à notre race, les savants latins savent donner à l'exposition scientifique une forme attrayante, souvent élégante, associant le génie de Léonard de Vinci et de Michel-Ange à la veine poétique de Dante et de Pétrarque. Parcourez les œuvres de Galilée et vous verrez comme il sait donner à ses recherches scientifiques une forme littéraire qui enchante. Pour conclure et résumer en une phrase les idées que je viens d'exposer, je dirai que la différence entre les savants germaniques et latins est la même qu'en général entre les étudiants des cours techniques et ceux des écoles classiques.

Je terminerai par un vœu. Jusqu'à il y a 60 ans, en Italie, berceau de la race latine, la direction scientifique était fidèle à nos traditions, à notre esprit, et, ou bien on n'imitait pas les étrangers, ou l'on s'adressait aux sources latines, comme nos voisins de France. Laplace, Lagrange, Lalande, Oriani, Delambre, Piazzi, Plana, Carlini fraternisaient entre eux et savaient imprimer à la science qu'ils cultivaient les caractères de la science latine : sympathie, clarté, élégance. Puis l'orientation changea, surtout sous l'impulsion de quelques savants lombardo-vénitiens, qui, à peine arrachés au joug allemand par la France et le reste de l'Italie, n'eurent rien de plus pressé que d'aller se faire les humbles disciples des professeurs germaniques. A leur retour dans

leur patrie, reniant nos glorieuses traditions et jusqu'au caractère de notre race, ils proclamèrent qu'on devait suivre l'exemple de ces peuples du Nord, dont ils vantèrent la profondeur, l'exactitude et l'esprit scientifique. La jeunesse studieuse italienne suivit ce courant pendant 60 ans, et plutôt que de s'abreuver à ses propres sources ou aux eaux voisines de la Seine, elle alla puiser dans ce ruisseau qu'est la Sprée. Dans nos études, dans nos recherches scientifiques, dans notre enseignement, tout se modelait sur le caractère, le goût, le caprice germaniques. Seuls étaient prisés les travaux qui portaient la marque ou l'étiquette allemande ; les postes, les chaires, les sièges académiques, les récompenses royales ou ministérielles, les missions scientifiques, les décorations étaient réservés à ceux qui avaient reçu la becquée en Allemagne et renié le caractère propre de leur race, perdant toute valeur, toute indépendance scientifique d'esprit et de critique, en un mot en se dénaturant.

Mais enfin arriva la conflagration européenne, qui, comme toutes les autres guerres, est encore plus une lutte d'idées et de tendances que de forces matérielles. Et cette immense catastrophe nous apporte à nous, Italiens, un grand bien : l'opinion publique a évalué et pesé les hommes d'au delà et ceux d'en deçà du Rhin et elle a reconnu quels liens les unissaient à ces derniers. Il en est résulté que le courant scientifique qui portait au N.-E. commence à tourner au N.-O. et celui qui voudrait aujourd'hui, comme ces années passées, proclamer hautement que le mieux pour les Italiens est d'imiter servilement, dans leur production scientifique ces maîtres qui vivent dans des brouillards dépourvus de lumière et de chaleur, celui-là serait certainement mal accueilli et même ne serait pas écouté. Je ne voudrais pas que l'on interprétât mal mes paroles. J'ai dit la vérité appuyée sur les faits ; mais aucune haine ne m'a poussé. Toutefois, appréciant à sa valeur la culture latine, j'en ai dit avec amour : *Amor mi mosse che mi fa parlare* (l'amour qui me pousse me fait parler).

Mon vœu est que les Italiens retournent à leurs traditions : si, dans le passé, quelques-uns de nos grands savants n'éprouvaient pas le besoin d'aller au moins une fois à Paris et ne cachaient pas leur peu d'estime pour la science latine, à partir d'aujourd'hui qu'on sente en Italie les sympathies nées d'une commune origine et que se renouvellent les cordiales relations entre savants italiens et français, ou d'autres pays latins. La science cultivée dans notre pays, berceau du latinisme, doit se glorifier d'être une science latine [1].

J. Boccardi,
Professeur d'Astronomie à l'Université,
Directeur de l'Observatoire de Turin.

1. Cet article, extrait des *Essais d'Astronomie populaire* (t. V, 1915) et qui reproduit presque en son entier une conférence de l'auteur devant la Société l'Uranie, de Turin, a été traduit de l'italien par M. A. Suffren, secrétaire de l'Académie et de l'Université de Besançon.

LA PROPAGATION DU SON DANS L'ATMOSPHÈRE

ET LES ZONES DE SILENCE

I. — Anciennes et nouvelles observations de propagation anormale du son.

C'est un fait connu que, pendant les soirées tranquilles, il arrive souvent que des bruits venant de loin parviennent jusqu'à nous avec une netteté telle, qu'ils semblent provenir de notre voisinage immédiat. Lorsqu'il souffle une faible brise, c'est parfois comme si chaque petit coup de vent apportait des bruits éloignés : le roulement d'une charrette, la rumeur d'une grande ville, et comme si les ondes sonores étaient autant de légers flocons. Inversement, les marins surtout savent parfaitement qu'il y a des circonstances dans lesquelles le bruit de la sirène ne s'observe plus, même à très courte distance, alors qu'arrivé à une distance de quelques milles on en perçoit tout à coup le son avec une assez grande intensité.

Pour des bruits intenses aussi, qui peuvent se propager à grande distance, comme ceux d'une éruption volcanique ou d'une explosion, on a déjà souvent constaté de pareilles anomalies. Quelques-uns des cas les plus remarquables ont été représentés dans les figures 1 à 7. Dans toutes ces figures, les croix indiquent des endroits ou le bruit a été perçu, les cercles des endroits où certainement *rien* ne fut entendu. Dans quelques-unes des figures, des groupes d'observations ont été, pour diverses raisons, représentés par une

croix unique, accompagnée du nombre d'observations du groupe. Les cercles entourant la

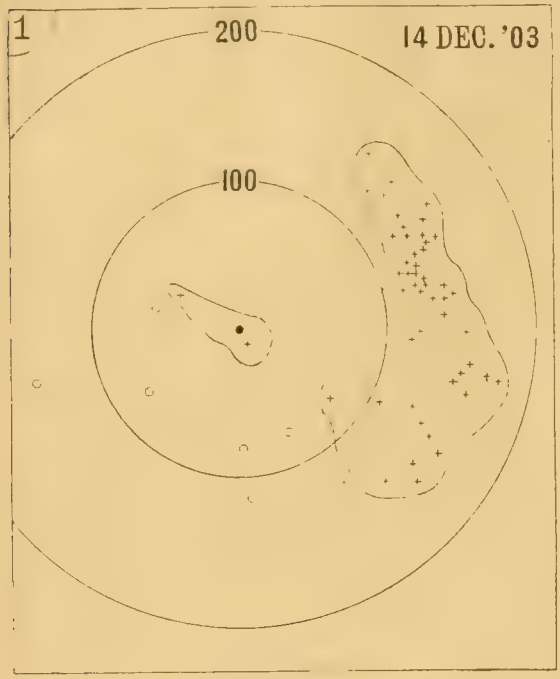


Fig. 1. — *Explosion de dynamite à Förde*

source sonore font connaître la distance à celle-ci.

Fig 2. — *Explosion de dynamite à l'Eigerwand.*

Les figures 1 et 2 se rapportent à des explosions de dynamite à Förde[1], en Westphalie (15.000 kg.), et sur la voie ferrée de la Jungfrau, à l'Eigerwand[2] (25.000 kg.), la figure 6 à l'explosion de poudre et de dynamite de Kobé (Japon)[1], la figure 7 à l'explosion de poudre de Wiener-Neustadt[2].

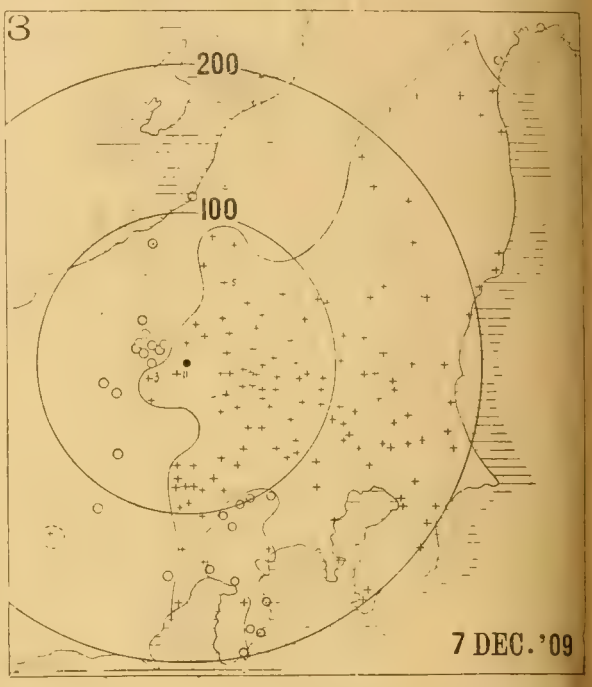


Fig. 3. — *Eruption de l'Asama, au Japon.*

enfin les figures 3-5 aux éruptions du volcan Asama au Japon[1].

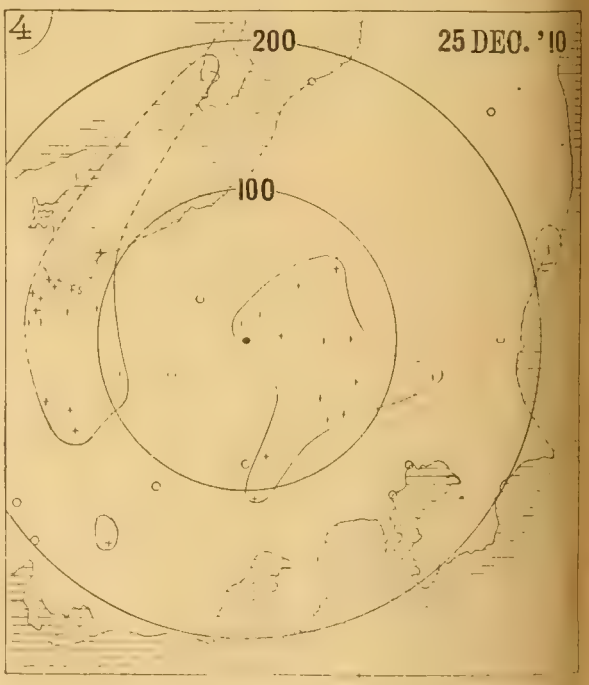


Fig. 4. — *Eruption de l'Asama au Japon.*

1. Dr G. Von dem Borne : Die Erdbebenwarte, t. IV, pp. 1-4, 1904.

2. Dr. A. de Quervain : *Ann. d. Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt*, 1908.

1. S. Fujiwhara : *Bull. Cent. Meteorol. Observ. Japan*, II, 1. 1912.

2. J. N. Dorr : *Wien. Sitzungsber.*, II a, t. CXXII, p. 1683. 1913. *Meteorol. Zeitschr.*, t. XXXII, p. 207, 1915.

Un caractère commun à tous ces dessins est la délimitation irrégulière de la zone d'audition qui entoure la source sonore; presque toujours

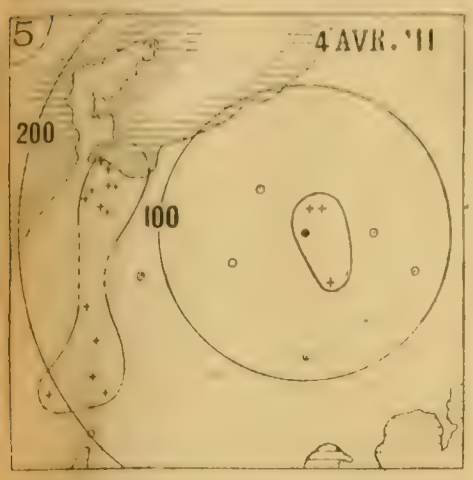


Fig. 5. — *Eruption de l'Asama au Japon.*

cette zone s'étend d'une façon fort asymétrique autour de la

Fig. 6. — *Explosion de poudre et de dynamite à Kobé (Japon).*

source. Mais ce qui est surtout remarquable, c'est qu'en dehors de ce premier domaine d'audibilité il en existe, dans bien des cas, un second, parfois beaucoup plus étendu, où l'on a perçu nettement des bruits et qui est cependant séparé du premier par une *zone de silence*.

D'après les récits des guerres antérieures, il est arrivé que la propagation anormale du son a décidé de l'issue d'une bataille; la guerre actuelle a de nouveau attiré l'attention sur ce phénomène. Lorsque, pendant le siège d'Anvers, je reçus les premiers renseignements sur l'observation du grondement du canon jusqu'à près de 200 km. de distance de cette place, j'engageai le corps d'observateurs volontaires de l'Institut météorologique de De Bilt à faire attention à ce bruit et à me fournir des indications précises. Bientôt après vint le violent bombardement du 7 au 9 octobre 1914, de sorte que je reçus un très grand nombre de communications, augmentées dans la suite des données recueillies par l'intermédiaire de la presse et dont le résultat est représenté dans la figure 8. Une observation pure et simple

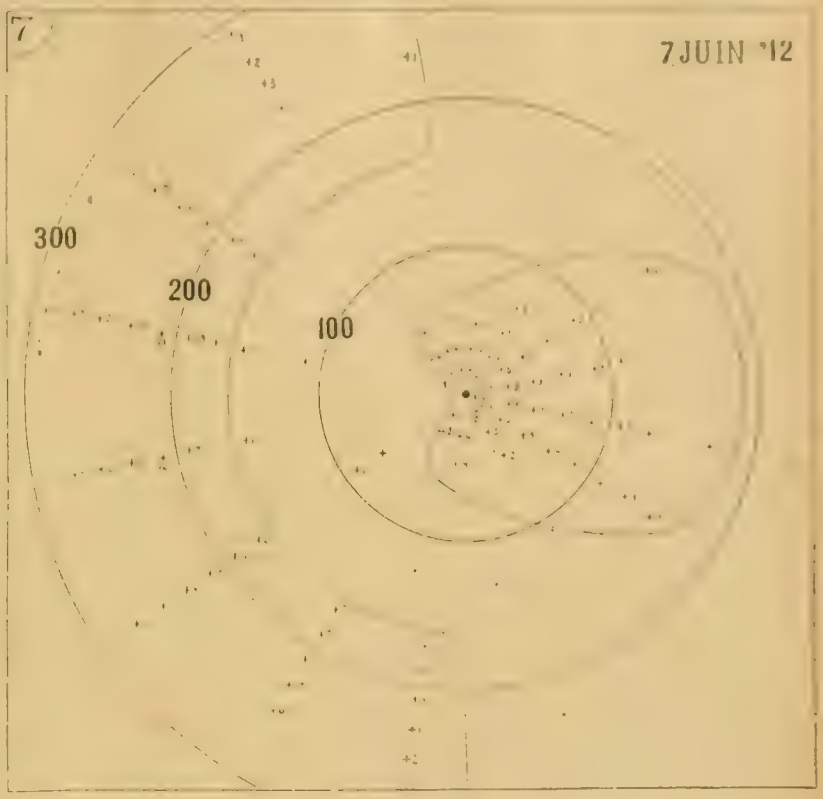


Fig. 7. — *Explosion de poudre de Wiener-Neustadt.*

est indiquée ici par un signe —, une observation de médiocre intensité ou fréquence par un +, une observation de fort grondement, accompagné de tremblement des vitres, par ∓, enfin un avis qu'*aucun* bruit n'a été entendu est indiqué par un rond. Les rapports venant du territoire allemand sont empruntés à un article de Meinardus dans la *Meteorologische Zeitschrift*[1], qui reproduisit une communication préliminaire que je publiai dans *Hemel en Dampkring* en y ajoutant les données que Meinardus avait rassemblées lui-même, mais seulement après la chute d'Anvers.

On remarque que, dans cette figure, la zone de silence est développée d'une façon extraordinairement régulière; les quelques rapports venant de points situés à l'intérieur du cercle de 158 km. de rayon sont sans importance vis-à-vis du grand nombre de ceux venant de points plus rapprochés que 100 km. ou plus éloignés que 158 km. Ce qui est surtout remarquable, c'est

1. Mai 1915, p. 199.

qu'au delà de la limite de la zone de silence il y a immédiatement des communications de grande intensité sonore.

Après la chute d'Anvers, l'examen a été poursuivi pendant quelque temps encore, et surtout au mois d'octobre je reçus à certains jours des renseignements tellement nombreux que la recherche d'une zone de silence fut possible. Le dernier cas examiné se rapporte à la bataille navale livrée sur la mer du Nord le 24 janvier 1915. Dans une communication que je fis à l'Académie des Sciences d'Amsterdam, où j'ai traité ce sujet *in extenso* et à laquelle les figures ci-jointes ont été empruntées, j'ai pu insérer huit figures, où se reconnaissent plus ou moins nettement des zones de silence. Parmi elles, j'ai choisi encore l'exemple du 28 octobre 1914 (fig. 9), où les bruits perçus proviennent d'un violent bombardement de la côte flamande par les navires de guerre anglais, qui se servirent de canons de 30 cm. Remarquable pour cette journée est surtout l'absence d'observations sonores dans la province de Zélande, où six jours avant, dans un vif combat sur la ligne Ostende-Nieuport-Ypres, on avait perçu des bruits presque tout aussi nombreux et tout aussi intenses que pendant le siège d'Anvers. Un contraste frappant avec ces faibles bruits du 28 octobre est donné par les bruits nombreux et en partie intenses qui furent observés sur les cercles de 160 et 200 km. La croix la plus éloignée vers le N.-E. indique la ville de Groningue, où l'on crut que le bruit venait du nord, de sorte qu'il n'est pas certain qu'on y ait entendu le bruit venant de la Flandre. Les deux observations suivantes, faites à Kampen et à Dalmsholte (cette dernière localité est à 290 km. environ de la côte flamande), mentionnaient avec certitude une provenance sud-occidentale. Chaque fois que les batteries des navires entraient en action, on constatait une accumulation d'observations vers 200 km.

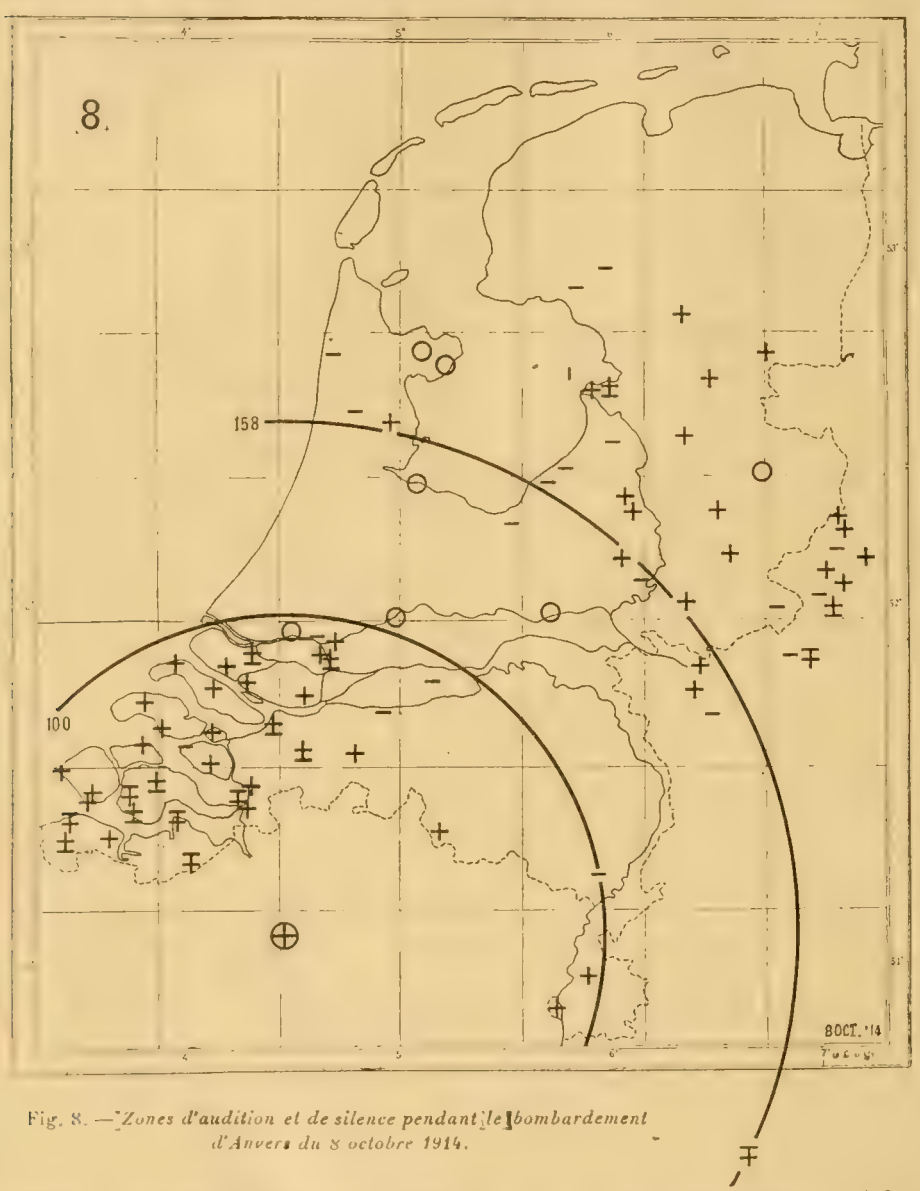


Fig. 8. — *Zones d'audition et de silence pendant le bombardement d'Anvers du 8 octobre 1914.*

En résumé, on peut dire que *dans beaucoup de ces cas on a établi une augmentation d'audibilité à partir de 160 km. et qu'en dehors de ce cerle on a observé le grondement du canon plus fortement que dans une zone, large de 40 à 60 km., intérieure à ce cercle.*

II. — Explication théorique des zones de silence

Il est clair que l'explication des zones de silence doit être cherchée dans les raisons pour lesquelles il se produit une courbure des rayons

sonores. Aussi les tentatives d'explication ne diffèrent-elles que par le choix de ces raisons.

§ 1. — Explication météorologique

Le caractère particulièrement capricieux des phénomènes que nous venons de décrire a tout naturellement conduit à considérer la variation des éléments météorologiques comme la cause de ces phénomènes, et sans aucun doute avec raison dans bien des cas.

Si l'on songe que, dans l'air en repos, l'abaissement de température fait diminuer la vitesse de propagation du son et qu'en moyenne la température de l'atmosphère décroît de la surface du sol vers le haut de 0°5 à 1°0 C par 100 m., il est clair que, quand il n'y a pas de vent, l'état normal est celui-ci, que la vitesse du son diminue vers le haut. Tout comme les rayons lumineux, les rayons sonores doivent être infléchis dans leur marche à travers l'atmosphère, mais beaucoup plus fortement que ceux-là. Un rayon sonore, qui au début ne s'écarte que fort peu de l'horizontale, est donc courbé de plus en plus vers le haut et quitte la surface du sol. De là la faible audibilité des bruits dans la nature, dans les circonstances normales; de là aussi la nécessité, dans les réunions en plein air, de placer l'orateur sur une estrade, de préférence sous un abat-voix, afin que les rayons sonores commencent par avoir une inclinaison négative.

Le contraire a lieu lorsque la température commence par croître de la surface du sol vers le haut, ainsi que cela s'observe surtout le soir, par un faible vent, ou lorsqu'une hausse subite de la température met fin à la chute initiale (inversion). Alors les rayons sonores peu incliné sont recourbés plus ou moins graduellemen vers le sol et des bruits même faibles deviennent perceptibles à grande distance, parce que l'absorption du son dans l'atmosphère libre est assez faible, beaucoup plus faible, dans tous les cas, que le long de la surface du sol. Cette extension de la limite d'audibilité doit être la même dans toutes les directions.

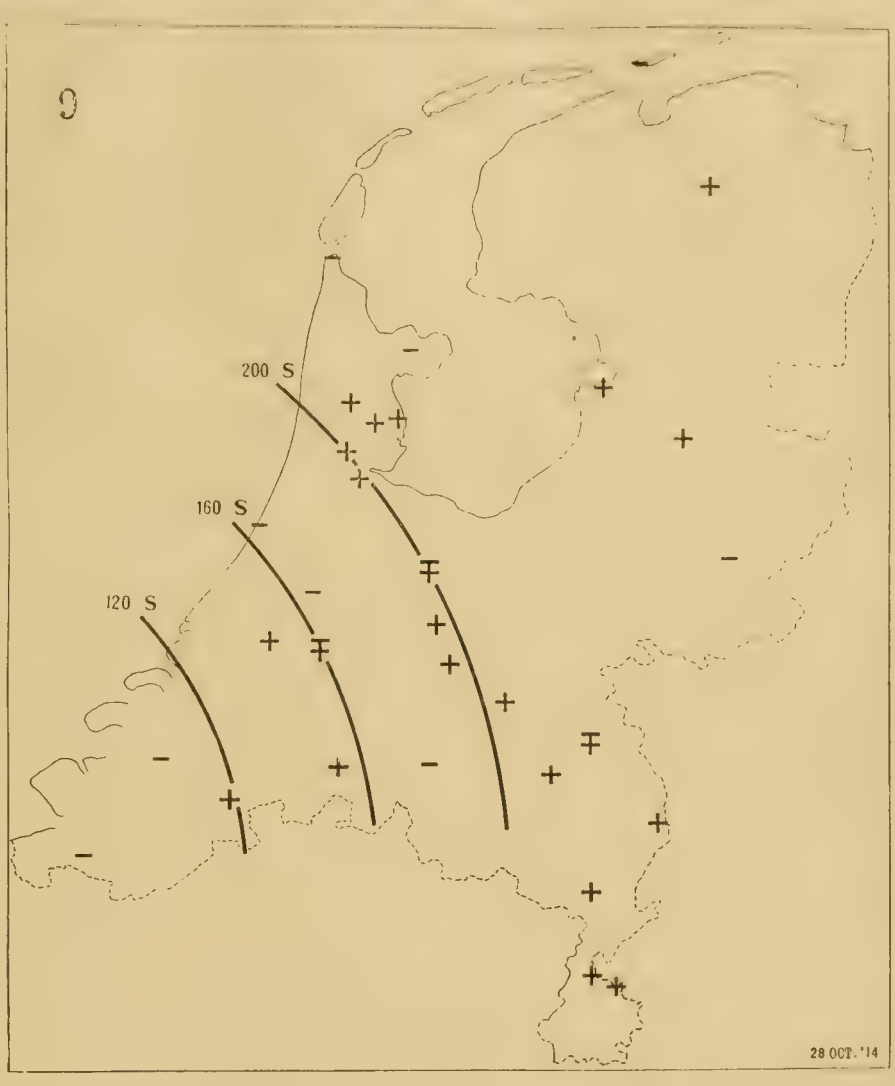


Fig. 9. — *Zones d'audition et de silence pendant le bombardement de la côte belge du 28 octobre 1914.*

En second lieu, il est généralement admis, et Fujiwhara[1] l'a démontré rigoureusement, du moins en faisant les suppositions les plus simples, que dans l'air en mouvement la vitesse du son est la somme vectorielle de la vitesse du vent et de la vitesse du son dans l'air en repos. Il s'ensuit qu'un vent uniforme ne doit produire qu'une faible différence de propagation dans le sens du vent et en sens contraire et que les rayons sonores

1. *Loc. cit.*, p. 24.

restent rectilignes. Il en est autrement lorsque la vitesse du vent change avec le niveau, comme c'est le cas ordinairement. Un vent croissant en vitesse vers le haut doit avoir, dans le sens du vent, le même effet qu'une augmentation de la température et recourber les rayons sonores vers le bas; dans le sens opposé au vent, le contraire doit se produire ; dans une direction normale au vent, l'effet doit être à peu près nul. De là l'impression que le vent emporte le son; un vent diminuant de vitesse vers le haut aurait l'effet contraire, de sorte qu'alors l'augmentation d'audibilité s'observerait contre le vent.

Il y a là un moyen d'expliquer l'asymétrie dans la propagation anormale du son et de prouver la possibilité d'une zone de silence. Il suffit pour cela d'admettre que l'augmentation d'intensité du vent cesse à un certain niveau ou que le vent finit même par changer de direction. Des rayons d'élévation déterminée α ne seront donc plus recourbés vers le sol et la première zone d'audibilité finira là où peut revenir le rayon d'inclinaison un peu plus petite que α. Si l'on admet qu'à plus grande hauteur encore il existe un nouvel accroissement de l'intensité du vent, il est possible qu'on observe à plus grande distance encore une nouvelle zone d'audition. Il arrivera le plus souvent que cette audibilité anormale s'observe de l'autre côté de la source sonore : le même vent contraire, qui détermine la limite de la première zone, deviendra, par l'augmentation de sa vitesse, la cause du retour vers la terre des rayons qui, près du sol, sont relevés par le vent qui rase la terre.

Cette explication (donnée entre autres par Mohn, Rayleigh, Fujiwhara) sera sans aucun doute la bonne dans beaucoup de cas, en particulier pour les éruptions volcaniques, où l'expulsion de gaz chauds, chargés de cendres, produit de violents troubles dans la répartition du vent et de la température. Mais il n'a presque jamais été possible jusqu'ici de prouver, par des mesures ou même des estimations de température et de vitesse du vent dans l'atmosphère, que les états nécessaires pour l'explication étaient effectivement réalisés. C'est là une raison de plus pour attirer l'attention sur l'explication physique.

§ 2. — Explication physique

Celle-ci a été donnée, à propos des deux cas représentés dans les deux premières figures, par Von dem Borne[1], qui admet qu'une partie au moins des zones de silence observées doit être attribuée au changement de composition de l'atmosphère, résultant de la diminution inégale des pressions partielles des constituants de l'atmosphère avec la hauteur.

S'il ne se produisait aucun mélange par des courants de convection, chacun des gaz constituant l'atmosphère formerait une atmosphère suivant ses propres lois, de telle sorte que la pression p à la hauteur h serait donnée approximativement par une formule telle que

$$\log p = \log p_0 - \frac{hT_0}{HT}.$$

Il doit en résulter qu'à grande hauteur les gaz les plus lourds n'existent plus que dans une minime proportion et que les constituants légers, dont l'hydrogène est le mieux connu, deviennent prépondérants. Les courants de convection ne modifient ces conditions que dans les couches inférieures de l'atmosphère (la troposphère). Au delà de 10 à 11 km., la convection est faible (du moins dans les régions tempérées) et à partir de là commence la variation de la composition. A cette même hauteur, la température cesse de s'abaisser lorsque le niveau s'élève.

Comme la vitesse du son est beaucoup plus grande dans l'hydrogène que dans l'azote et l'oxygène, il doit s'ensuivre qu'à très grande hauteur la vitesse du son augmente au point que les rayons sonores sont recourbés vers le sol.

La figure 10 donne de ce fait une représentation, basée sur des hypothèses sur lesquelles nous reviendrons et qui ne diffèrent que quantitativement de celles de Von dem Borne. Nous attirons en particulier l'attention sur le fait qu'il existe une distance minimum pour le retour vers le sol, ce qui délimite nettement le second domaine d'audibilité, malgré les changements tout à fait continus de la densité, dans lesquels quelques auteurs ont cru voir un obstacle à la théorie. De la figure résultent les propriétés suivantes de la zone de silence :

1° On peut prévoir qu'à la frontière extérieure de la zone de silence l'intensité du son sera relativement forte. Dans l'espace compris entre A et B, l'intensité sonore doit être beaucoup plus forte qu'entre C et D.

2° Abstraction faite de troubles produits par le vent et la température, la zone de silence doit s'étendre symétriquement autour de la source sonore et l'audition anormale doit être observée de tous les côtés, ou du moins en des points diamétralement opposés.

1. *Physik. Zeitschr.*, t. XI, p. 483, 1910.

III. — Les zones de silence observées en Hollande

Les deux propriétés que nous venons de nommer s'observent précisément dans les cas que nous venons d'examiner; la première se remarque dans presque tous les cas; on ne peut juger de la seconde que dans le cas du 8 octobre, où le cercle extérieur peut être suivi sur une étendue de plus de 90° et l'intérieur sur près de 180°, de sorte que la symétrie est à peu près complète. Les observations du côté sud, en France, étaient sans doute rendues impossibles par la situation et l'étendue du front de bataille. Si nous nous trompions en ceci, nous serions heureux de recevoir des communications de cette région. Dans les autres cas, nous n'avons pas constaté d'écart bien accusé de la forme circulaire. C'est là un point de grande importance, parce qu'on peut prouver que, dans le cas de la courbure du son vers le sol par un vent augmentant de vitesse vers le haut et gardant au-dessus du domaine d'observation, sur une assez grande étendue, la même direction et la même intensité, on doit trouver comme ligne limitant la zone de silence une courbe plus faiblement courbée que le cercle passant par le point où le rayon sonore atteint le sol dans la direction du vent, ou ayant même une courbure opposée, comme c'est le cas dans la plupart des figures 1 à 7.

IV. — L'influence de la répartition de la température et du vent au-dessus de la Hollande sur la propagation du son aux jours d'observation d'une zone de silence.

Bien que la forme des zones de silence, surtout celle du 8 octobre, parlent fort en faveur de l'explication physique, il est néanmoins désirable que nous examinions jusqu'à quel point le vent et la température ont pu influencer la propagation du son.

Dans le travail cité ci-dessus, nous avons réuni dans un tableau développé les résultats d'un grand nombre d'observations de nuages, confirmés par ceux d'observations faites à l'aide de ballons pilotes et de ballons captifs à De Bilt et à Soesterberg, la station principale et la station aérologique de l'Institut Météorologique Royal Néerlandais, et complétés par les résultats d'observations faites à l'aide de cerfs-volants et de ballons à Hambourg, Lindenberg et Friedrichshafen. Nous ne mentionnerons ici que la conclusion.

A aucune des journées où des zones de silence furent observées en Hollande, la distribution de la température et du vent dans les hautes régions de l'atmosphère n'a été de nature à courber le son vers le sol à une distance voisine de 160 km. L'influence des éléments météorologiques se bornait à la première zone d'audibilité, et les grandes variations d'intensité qu'on y a observées peuvent être mises entièrement sur le compte de l'influence du vent et de la température sur les rayons faiblement courbés.

Le 8 octobre, en particulier, il y avait une inversion fort prononcée au-dessus de la Belgique et du sud de notre pays, et en même temps le vent était faible et variable, et sans influence sensible. Le 28 octobre les inversions étaient sans importance, et dans les couches atmosphériques inférieures il n'y avait pas d'augmentation du vent dans la direction du nord-est, capable d'infléchir vers le sol les rayons faiblement inclinés. En même temps, il y avait au niveau des cirrus un fort vent WSW, insuffisant, il est vrai, pour faire revenir le son à 160 km., mais qui a pu contribuer à l'audibilité du son à grande distance.

V. — Vérification quantitative de l'explication physique

Le retour régulier du son au voisinage de 160 km. semble donc ne pouvoir être expliqué que par la théorie physique de Von dem Borne. Au début, il semblait cependant que la vérification quantitative fût loin d'être parfaite, puisque Von dem Borne avait donné 114 km. comme limite de la zone de silence.

Von dem Borne lui-même avait qualifié son calcul de préliminaire. En le reprenant, nous avons constaté que, surtout dans le voisinage du point le plus élevé de la trajectoire, le calcul devait être effectué avec une assez grande précision pour éviter de trop grandes erreurs. Aussi avons-nous fait les calculs par intervalles de niveau de 10 km. d'abord, de 1 km. ensuite, et pour les cinq derniers km. nous avons supposé que la vitesse du son variait linéairement avec le niveau. La trajectoire y devient ainsi un cercle de rayon $\frac{v_n}{c}$, v_n étant la vitesse du son au point le plus élevé et c la variation de vitesse par unité de longueur.

Partant de la teneur en hydrogène qui peut se déduire d'un des dessins de Von dem Borne :

0	20	40	60	80	100 km.
0,01	0,1	3,0	37,2	94,4	98,6 %

nous trouvons que le rayon sonore retourne au niveau de 85 km. et atteint le sol à 103 km. de la source sonore.

Avant d'examiner si d'autres suppositions fourniraient une distance plus conforme à celle donnée par l'expérience, nous avons à nous demander si les conditions météorologiques peuvent changer notablement le rayon de la zone de silence, tel qu'il est fourni par cette théorie.

On trouve que cela n'est pas le cas. Les variations par les conditions météorologiques restent presque entièrement limitées, à notre latitude, aux premiers 10 à 11 km., donc à la troposphère. A la limite de la zone de silence n'aboutissent que des rayons qui avaient une forte inclinaison au départ, et pour cette raison-là déjà les écarts de température et les variations de vitesse du vent ont peu d'influence sur la marche des rayons. Mais, de plus, lorsqu'un rayon qui aurait pénétré dans la stratosphère sous un angle de 25° y entre sous un angle de 26° par suite d'une perturbation dans les dix premiers kilomètres, son rôle est repris par un autre qui avait quitté le sol sous un angle plus petit d'un degré environ, et le changement dans le rayon de la zone de silence est minime. Il a donc bien fallu examiner d'autres hypothèses concernant la composition de l'atmosphère à grande hauteur. Les résultats sont représentés graphiquement par la figure 10 (partie intérieure).

Les points principaux des hypothèses sont résumés dans le tableau suivant :

	Proportion d'hydrogène (%) à la surface du sol	Abaissement de température de 0 à 10 km.	Zone de mélange	Proportion de géocoronium à 100 km.	Distance minimum
a. (Von dem Borne)	0,01	50	10-12[km][1]	—	103
b. (Wegener)[2].....	0,0033	55	absente	29	115
c. (Humphreys)[3]...	0,01	60	0-11 km	—	116
d.	0,01	55	absente	29	102
e.	0,033	55	0-10	—	126
f.	0	55	0-10	—	190
g.	0,00055	55	0-10	—	136

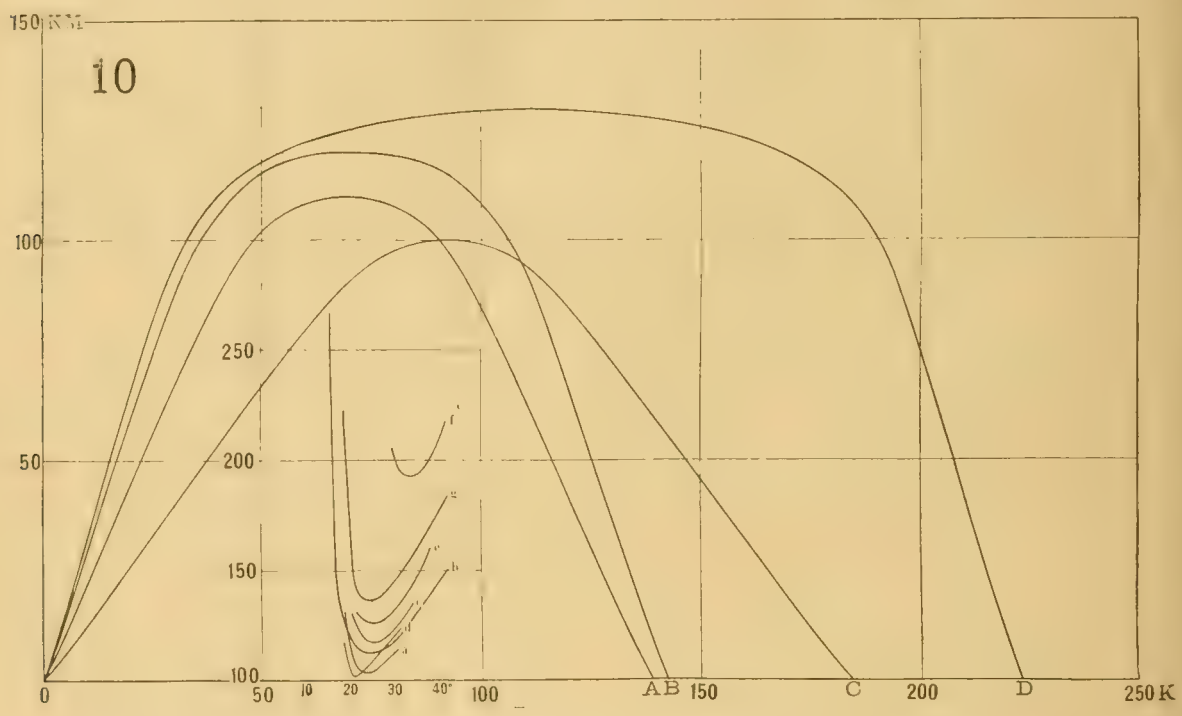


Fig. 10. — *Construction de la marche des rayons sonores dans l'hypothèse d'une proportion de 0,00055 % d'hydrogène dans l'air.*

Les résultats du calcul *g* ont été employés pour la construction de la marche des rayons dans la figure 10. L'influence du mélange des couches atmosphériques consiste surtout en une forte diminution de la teneur en hydrogène à la limite de la stratosphère, de telle sorte que dans le cas *b* la teneur en hydrogène à l'altitude de 10 km. est encore un peu plus grande que dans le cas *c*, où cette teneur reste 0,01 jusqu'à 11 km. de hauteur, alors que dans le cas *a* elle est de 0,035 de 10 à 12 km. Une diminution de la teneur en hydrogène fait donc reculer la limite de la zone de silence, ainsi que l'apprend encore le cas *e*; la teneur assez forte en géocoronium à

1. Ceci est une erreur; il fallait 0-12 km.
2. *Beiträge sur Geophysik*, t. XI, p. 104, 1912.
3. *Bull. Mount Weather*, t. II, p. 66, 1909.

100 km. d'altitude, supposée par Wegener, a peu d'influence dans ces cas. On est donc conduit à faire des calculs avec des teneurs en hydrogène plus faibles encore que celles admises par Rayleigh. En poursuivant les calculs, en conservant le nombre de Hann (0,00015 %) pour la proportion d'hélium à la surface du sol, on trouve, après interpolation, qu'une teneur en hydrogène de 0,0001 % fournirait une limite à 160 km.

Il est bien remarquable que c'est là précisément la teneur trouvée par Claude[1] dans la détermination la plus digne de confiance qui ait été faite jusqu'ici. Mais la proportion trouvée par lui pour l'hélium était plus grande, 0,0005; il est vrai que cela ne change pas considérablement les résultats de nos calculs. Les déterminations faites par Erdmann[2] sur des échantillons d'air recueillis à grande hauteur dans l'atmosphère conduisent également à une teneur en hydrogène beaucoup plus faible que celle admise par Rayleigh. Dans tous les cas, on doit donc baser les calculs sur une très faible proportion d'hydrogène, et on trouve alors que la théorie de Von dem Borne se vérifie quantitativement. Mais on comprend que dans ces conditions la présence du géocoronium, avec la densité particulièrement faible que lui attribue Wegener, doit avoir une grande influence sur les résultats et qu'elle doit en général augmenter la vitesse du son et rendre plus rapide le passage de l'atmosphère d'azote à celle des gaz rares; par là le rayon de la zone de silence deviendrait de nouveau notablement plus petit. Il nous semble donc que l'hypothèse du géocoronium ne trouve pas d'appui dans les résultats de ces recherches.

Il nous reste à dire un mot de deux points encore.

a. On a déjà objecté que l'énergie sonore revenant au sol après son excursion dans les hautes régions de l'atmosphère serait beaucoup trop faible pour pouvoir encore être perçue. Mais on perd alors de vue en premier lieu que l'oreille humaine est excessivement sensible et est affectée par des quantités d'énergie très faibles; en second lieu, d'après la marche des rayons esquissée dans la figure 10, il se produit une concentration du son dans le voisinage de la limite de la zone de silence, de sorte que l'intensité du son y est augmentée en proportion; en troisième lieu, on n'a pas affaire ici à une espèce de réflexion, mais à une diffraction, et malgré l'absorption ordinaire une assez grande partie de l'énergie sonore retourne vers le sol.

Or, il résulte effectivement des données, entre autres de la plupart de celles rassemblées en Hollande, qu'absolument parlant le bruit perçu à 160 km. de la source est faible et est aisément couvert par d'autres bruits. Ce pourrait être là la raison pour laquelle la seconde zone d'audibilité régulière ne se présente pas toujours, surtout pas dans les cas où le bruit vient d'une façon tout à fait inattendue et où l'on n'y fait donc pas attention, comme dans toutes les éruptions volcaniques, ou les explosions de poudrières, et que seuls les rayons retenus dans la partie inférieure de l'atmosphère par la température et l'influence du vent sont décelés par des observations acoustiques. Dans les exemples des figures 1 à 7, il y a cependant des indications d'un renforcement de l'audibilité à 160 km. environ.

b. Dans bien des cas, on pourrait décider d'une façon certaine quelle est la voie suivie par le son, si la durée de propagation était exactement connue. Or, les observations à ce sujet sont généralement loin d'être précises. Dans les rares cas d'exception, la durée de propagation est plutôt en faveur de l'explication météorologique. Aussi bien dans le cas 2 que pour quelques-unes des éruptions du volcan Asama, on a cependant observé des durées de propagation plus grandes, qui s'accordent parfaitement avec des trajectoires passant par les hautes régions de l'atmosphère.

Dans cette question, le dernier mot n'a pas encore été dit. Pour dissiper tout doute, il faudrait de nombreuses observations dans des cas où une détermination précise de la durée de propagation est possible, avec une indication exacte des conditions météorologiques jusqu'à grande hauteur. Mais nous croyons que pour le moment, il y a déjà lieu d'admettre que, dans la transmission du son à grande distance, des influences météorologiques se font sentir en même temps que le changement de composition de l'atmosphère à grande hauteur joue un rôle, et que les simples observations acoustiques peuvent contribuer à résoudre le problème de la composition de l'atmosphère à des niveaux où toute méthode d'analyse directe est exclue.

Dr E. van Everdingen,
Directeur de l'Institut Météorologique Royal Néerlandais,
Professeur à l'Université d'Utrecht.

1. G. Claude : *Comptes Rendus*, p. 1454, 1909.
2. Erdmann ; *Ergebn. d. Arb. d. K. P. Aeron. Obs. Lindenberg*, VI, p. 227, 1911.

L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DE NOTRE ŒUVRE ÉCONOMIQUE

DANS NOS COLONIES ET DANS LA MÉTROPOLE[1]

Les événements actuels, qui comportent pour nous tant de leçons, auront-ils, entre autres résultats, celui de nous faire enfin mieux comprendre l'importance qu'aurait pour notre avenir économique une alliance plus étroite entre les laboratoires de nos Universités et notre industrie? Il nous est permis de l'espérer, si nous en jugeons par l'accueil qu'a tout de suite reçu auprès de tous les intéressés le récent projet de M. le sénateur Goy. Nous ignorons ce qu'il adviendra de ce projet, le sort qui lui est définitivement réservé, et, au cas où il serait réalisé, sous quelle forme il le sera; nous constatons seulement, par toutes les discussions auxquelles il a déjà donné lieu, par tous les articles qu'il a suscités, qu'il correspond certainement à un sentiment assez général, resté jusqu'alors à l'état latent, mais qui, au premier signal, devait largement se manifester.

Il serait d'ailleurs inexact et injuste de prétendre que Facultés et industriels sont restés jusqu'à ce jour en s'ignorant mutuellement. Depuis une vingtaine d'années tout au moins, et grâce surtout à l'initiative d'un des anciens directeurs de notre Enseignement supérieur, des pénétrations réciproques se sont produites; la création de chaires de Sciences appliquées dans nos Universités a été un premier pas, et des souscriptions dans le monde industriel ont, dans quelques grandes villes, contribué à l'organisation d'Instituts ayant un caractère technique. Mais ce n'a jamais été là que des cas isolés, dus pour la plupart à quelques heureuses influences locales; et les résultats obtenus l'ont presque toujours été surtout pour des raisons de personnes. Il n'y eut jamais enthousiasme réel; le mouvement ne s'est jamais vraiment généralisé.

Il faut bien reconnaître que les torts sont partagés. Trop d'universitaires, dans notre Enseignement supérieur, se sont désintéressés, et ont même parfois affecté de se désintéresser des études de caractère pratique. Quant aux industriels ou aux agriculteurs, il suffit d'avoir assisté à certains Congrès techniques pour avoir, presque chaque fois, observé de la part des praticiens qui constituaient la grande majorité de ces réunions, une certaine méfiance — et de la meilleure foi du monde — aussitôt que, par l'intervention d'une minorité plus préoccupée du côté scientifique de la question, la discussion prenait une allure plus générale. La remarque nous en fut faite un jour très franchement : « Que nous importe, à nous qui faisons des affaires, toute cette organisation scientifique à longue échéance; nous voulons des réalisations immédiates, et nous n'avons ni le temps ni les moyens d'attendre les résultats problématiques d'expériences de laboratoire. » Or c'est précisément la grande erreur de croire trop souvent que les méthodes scientifiques sont plus lentes dans leurs effets que les essais des praticiens. Nous allons trouver la preuve nette du contraire si nous recherchons — puisque c'est du point de vue colonial que nous voulons nous placer plus spécialement ici — comment se sont accomplis, au contraire, les grands progrès de l'industrie et de l'agriculture dans les colonies.

I

Il y a peu d'années encore, les sucreries coloniales traversaient une période critique. Alors que, dans nos sucreries européennes, la sélection de la betterave à sucre et l'emploi des procédés de diffusion avaient abouti aux plus hauts rendements que l'on pût désirer, les sucreries de canne restaient stationnaires, avec leurs procédés rudimentaires. La découverte, en 1887, à Java et à la Barbade, de la fertilité de la canne à sucre — découverte, au reste, d'ordre scientifique — avait bien été l'occasion d'un premier progrès, puisqu'elle permettait de pratiquer la sélection et de remplacer les anciennes variétés par de nouveaux seedlings, mais ce n'était encore qu'une solution partielle. Le mode d'extraction du jus restait le gros problème; tous les essais tentés démontraient que la méthode de diffusion n'était guère applicable dans la plupart des pays chauds, et il fallait donc perfectionner les procédés de broyage. Il importait aussi d'améliorer la fumure et l'irrigation. Qu'ont fait, en particulier, les Américains des Hawaï?

M. Louis Vession, qui fut consul de France à Honolulu, nous l'indique, dans une brochure qu'il a consacrée à l'histoire de ces îles; et ces lignes, écrites par quelqu'un chez qui on ne peut supposer aucune idée préconçue, correspondent trop bien à ce que nous voudrions établir ici pour que nous hésitions à les citer. « Les planteurs d'Hawaï ont été droit à la source en s'adressant à la science; ils ont créé des laboratoires

1. Cet article fait partie de notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* (Voir nos précédents numéros des 15 et 30 mars et du 15 avril.)

d'expérience très remarquables. Vouloir être son propre « savant » ne rapporte pas plus que de vouloir être son propre avocat; combien de millions ont été gaspillés en Amérique par l'emploi inconsidéré des engrais, avant que le Bureau d'Agriculture de Washington ne vînt tout remettre au point avec une vigilance admirable! Ces planteurs savaient que le prix du coton dans le Sud était tombé si bas que ce n'avait été que par l'application des méthodes scientifiques, dûment contrôlées par les Stations expérimentales, que ce grand article d'exportation avait pu continuer à être une des sources de la richesse dans les Etats de la zone cotonnière américaine. Les planteurs d'Hawaï, dirigés par l'éminent Professeur Walter Maxwell, sont allés droit au but, et le succès a répondu à leurs efforts... Les travaux du Laboratoire et de la Station consistent à analyser les divers engrais, les sucres, les mélasses et les terrains, à répondre aux demandes de renseignements qui leur sont adressées par tous les planteurs de ces îles, à leur faire connaître la quantité et la qualité des engrais à employer, en tenant compte de tous les éléments qui peuvent influencer la production de la canne dans chaque cas particulier, et à leur communiquer les résultats d'études scientifiques susceptibles de contribuer au développement de la production de la canne à sucre en Hawaï. Les dépenses qu'entraînent le Laboratoire d'Essais et la Station s'élèvent à 75.000 francs par an. »

Mais, alors que, dans ces Hawaï, les anciens moulins à 3 cylindres n'extrayaient pas plus de 60 à 70 kilogs de jus pour 100 kilogs de canne, et 75 % environ du sucre total contenu dans les tiges, les moulins actuels, à 12 cylindres, fournissent 95,50 % environ de ce sucre. Les dépenses de la Station Agronomique, créée à frais communs par tous les planteurs, sont donc largement compensées. Et c'est la Chambre de Commerce de la Réunion qui le faisait elle-même assez récemment remarquer : puisque les rendements moyens obtenus à la Réunion, comme à la Guadeloupe, oscillent entre 8 et 9,65 %, et que les moulins de nos colonies n'extraient encore ordinairement que 700 kilogs de vesou pour une tonne de cannes, pendant que, aux Hawaï, on obtient 800 kilogs avec un rendement de 12,50 %, cette différence se traduit, pour 1910, pour notre colonie, par une moindre recette de 2.350.000 fr.!

A Java, l'application des mêmes méthodes a donné à l'industrie sucrière un même degré de prospérité. Pendant ces quinze dernières années, la production des sucres y a triplé, tandis que les rendements suivaient une progression continue.

Dans la colonie néerlandaise, nous n'avons d'ailleurs que l'embarras du choix pour trouver les exemples que nous voulons donner.

C'est devenu une banalité de vanter l'esprit d'initiative et de décision dont a fait preuve en maintes circonstances, depuis plus d'un demi-siècle, la colonisation hollandaise; à la tête de toutes ces initiatives méthodiquement poursuivies se retrouvent invariablement les savants du Jardin de Buitenzorg.

C'est vers 1850 que les Hollandais se préoccupaient d'introduire à Java les arbres à quinquina, dont ils devaient ultérieurement presque monopoliser la culture; or les premiers pieds introduits, et qui avaient été rapportés par Weddell à Paris, le furent en échange de plantes de ce Jardin de Buitenzorg. Puis lorsque, en 1852, la colonie commença à s'apercevoir que ces premiers individus étaient assez pauvres en alcaloïde, ce fut un botaniste, Hasskarl, qui fut chargé d'aller au Pérou, au prix de mille difficultés, se procurer une meilleure variété de *Cinchona Calisaya*. Il la trouva ; ce qui n'empêche que, en 1865, elle était, sans hésitation, partiellement abandonnée, pour être remplacée par une meilleure variété encore, le *C. Ledgeriana*, que l'Anglais Ledger venait de signaler en Bolivie. Mais alors se poursuivaient sans relâche toutes ces expériences d'amélioration de culture et de récolte qui aboutissaient à la véritable création d'arbres dont les écorces ont une richesse telle que l'exportation des pays américains d'origine n'occupe plus aujourd'hui, et de très loin, que le second rang.

A une époque plus récente, et toujours sous les inspirations des botanistes de Buitenzorg, Java a su sauver le commerce de ses cafés, que l'*Hemileia* avait si fortement compromis. Lorsque, en 1890, la colonie se fut bien rendu compte qu'il n'y avait plus désormais aucun espoir à fonder sur le caféier d'Arabie, les premières plantations furent résolument remplacées par des cultures de caféier de Libéria, que les spécialistes s'efforcèrent d'améliorer. Ils y réussirent, mais on sait que la nouvelle espèce, à son tour, sembla, en se perfectionnant, perdre sa résistance à la maladie. N'importe, la station de Buitenzorg, toujours en éveil, apprit justement que le botaniste belge Laurent venait de découvrir au Congo un nouveau type particulièrement vigoureux, le *Coffea robusta*, et, depuis 1906, ce troisième caféier est venu se substituer de plus en plus au caféier de Libéria.

Ce que des planteurs livrés à eux-mêmes ne pourraient ou ne sauraient faire, le Jardin Botanique, institution permanente, échappant aux risques et aux vicissitudes que peut redouter le

colon, disposant de moyens puissants, et sachant aussi, et surtout, utiliser toutes les compétences de ses spécialistes, l'entreprend ou le fait entreprendre, et sert chaque jour de conseiller et de guide averti.

En ces toutes dernières années, l'autorité qu'ont auprès des planteurs ces savants de Buitenzorg est incontestablement la principale cause qui a amené encore la rapide et merveilleuse transformation des plantations de caoutchoutiers de Malaisie. Jusqu'en 1911, les Indes Néerlandaises semblaient rester assez indifférentes aux expériences d'introduction de l'*Hevea brasiliensis*, c'est-à-dire du vrai caoutchoutier de Para, dans la Péninsule Malaise et à Ceylan. En dépit des succès obtenus dans les possessions anglaises, Java paraissait continuer à admettre qu'il y avait plus d'avantage, pour ses colons, au lieu de courir un aléa, à continuer la vieille culture de l'espèce indigène, le *Ficus elastica*. Vers 1910 cependant, un revirement se dessine ; les Hollandais sentent qu'au point de vue du rendement des arbres, comme à celui de la valeur du produit, la concurrence devient de plus en plus difficile. Toujours sans hésitation, parce que leur décision est raisonnée et scientifiquement motivée, ils abandonnent en 1911 leur *Ficus*, auquel ils n'ont même pas fait allusion au dernier Congrès des Caoutchoucs, à Batavia, en septembre 1914, et toute leur attention se concentre dorénavant sur l'*Hevea*, dont les cultures couvrent maintenant une superficie qui s'accroît chaque jour avec une extraordinaire rapidité.

En colonies anglaises, tout comme dans les possessions hollandaises, l'histoire de la culture des caoutchoutiers établit bien, aussi d'ailleurs, tout ce que peut l'alliance de la science et de la pratique. Qu'on songe que cette culture des caoutchoutiers ne remonte pas au delà d'une quinzaine d'années, puisque, en 1900, 4 tonnes seulement de caoutchouc de plantation étaient apportées sur les marchés ; et, en 1913, sur une production totale de 105.670 tonnes, ce même caoutchouc de plantation correspondait à 47.200 tonnes, c'est-à-dire presque à la moitié. En 1903, il y avait, au total, en Asie Méridionale et en Malaisie, 7.500 hectares environ de plantations ; au commencement de 1914, il y en avait plus de 450.000. Et l'on peut dire que, après ces 15 années seulement de culture d'un arbre dont presque toute la biologie, antérieurement, était inconnue, les planteurs sont aujourd'hui en possession des méthodes rationnelles de culture et d'exploitation. Au point de vue cultural, pourtant, il fallait déterminer la nature des terrains convenables, le mode de semis, la qualité et la quantité des engrais, les intervalles à conserver entre les pieds pour obtenir le maximum à la fois dans le rendement et dans le nombre de plants à l'hectare ; il fallait étudier les questions d'ombrage et d'écimage, préciser les avantages ou les désavantages des plantations mixtes. Au point de vue de l'exploitation, il y avait nécessité de bien connaître l'époque de la première récolte, le nombre de récoltes possibles chaque année, les époques de ces récoltes, leurs espacements, le nombre, la forme, la longueur, les intervalles des incisions. Et tous ces points devaient être examinés avec la préoccupation d'obtenir sur chaque pied, chaque année, le maximum de latex, c'est-à-dire de revenu possible, mais dans les limites où, d'autre part, on ne risquait pas — étant donné qu'il s'agit d'inciser des troncs vivants — d'endommager les arbres, c'est-à-dire de compromettre le capital que ces arbres représentent. Or, sur tous ces problèmes délicats et complexes, et dont la solution nécessitait plusieurs années d'attente, puisque ce n'est qu'au bout de ce temps qu'il est possible de se rendre compte de la récolte, et de ce qu'il advient des sujets traités, les planteurs semblent, en général, être tombés d'accord au dernier Congrès de Batavia. Croit-on vraiment qu'un résultat aussi rapide eût pu être atteint si, dès le premier jour, les Jardins Botaniques de Peradeniya, de Singapore, et la Direction de l'Agriculture des Etats Fédérés Malais n'avaient, comme ce fut le cas, pris cette étude en main? Et les recherches furent admirablement méthodiques, basées sur les données que fournissaient l'histologie et la biologie des *Hevea*. C'est, par exemple, la direction des laticifères dans l'écorce qui a indiqué à M. de Jong la direction que devaient avoir les entailles. Les chimistes ont établi, d'autre part, les procédés de coagulation, de dessiccation et de fumigation ; et l'intervention des mycologistes a atténué les effets des nombreuses maladies qui vinrent s'abattre si rapidement sur les arbres nouvellement introduits et qui, à un moment donné, provoquèrent de si grosses craintes.

Veut-on encore qu'un autre exemple vienne s'ajouter aux précédents. Voici que, dans l'Inde, la science des chimistes sauve, en les transformant, une culture et une industrie locales que la science d'autres chimistes a mises en sérieux danger.

En 1897, la Société Badoise livrait au commerce un indigo synthétique qui devait, selon toute apparence, entraîner pour la culture de l'indigotier les conséquences qu'eut chez nous pour la culture de la garance la fabrication de l'alizarine. En fait, les exportations d'indigo

naturel baissèrent rapidement, et il semble bien, à l'heure actuelle, que la petite culture indienne soit condamnée à disparaître. Mais les grands planteurs du Béhar, groupés en Association, soutiennent la lutte. Sur les conseils des spécialistes compétents, à qui ils ont fait appel, ils ont commencé à remplacer l'ancien indigotier de Sumatra par une espèce plus résistante, originaire du Cap, et déjà depuis longtemps cultivée à Java, puis surtout ils se sont bien rendu compte que c'est principalement au point de vue industriel qu'il y a lieu d'améliorer la fabrication. Et tous les procédés employés maintenant à Ceylan et dans l'Inde sont des procédés de laboratoire, découverts et mis au point par les chimistes. S'il est exact, comme le prétendent beaucoup d'industriels, que l'indigo naturel bien préparé offre à divers égards, notamment par ses nuances, certains avantages sur l'artificiel, l'intervention des méthodes scientifiques aura donc bien, ici également, sauvé une culture dont l'avenir apparaissait fort compromis.

Et nous pourrions encore citer l'influence que commencent à avoir et qu'auront de plus en plus dans le perfectionnement des procédés de préparation des thés les résultats qui découlent des observations de chimie biologique de Bamber, de Newton, de Mann, etc. De même pour les cacaos. Ce n'est évidemment que dans les laboratoires qu'il est possible de reconnaître et d'étudier les levures ou les diastases qui sont les agents de toutes ces fermentations; ce n'est qu'en possédant certains renseignements sur ces levures ou ces diastases, et sur les conditions optima de leur action, que les planteurs réussiront à mieux conduire, par le réglage de température par exemple, toutes ces opérations si importantes de fermentation.

Un petit fait qu'on nous permettra de citer montrera quelle importance les Anglais, dans leur œuvre de colonisation, donnent à la science et à ceux qui la représentent. C'était quelques mois avant la guerre. Dans le wagon-restaurant d'un rapide qui, en pays étranger, nous ramenait vers la France, nous avions le plaisir d'avoir pour compagnon de table un botaniste connu d'une des plus vastes colonies anglaises. Les hasards de la conversation l'amenèrent à nous expliquer comment, l'année précédente, ses collègues et lui, ne jugeant pas satisfaisante la situation pécuniaire qui leur était faite, eurent recours à un moyen énergique. — « Et ce moyen ? — Nous nous sommes mis en grève ! » Pareille attitude eût sans doute été fort imprudente pour des botanistes français, qui eussent couru grands risques de rester éternellement grévistes.

Ce n'est pas à dire qu'aucune tentative d'œuvre scientifique n'ait jamais été faite dans nos colonies. Quelques hommes ont bien déjà senti l'utilité de cette organisation que nous rêvons. De ce nombre a été notamment au Maroc M. le Général Lyautey, qui créait en 1913, en le plaçant sous la direction de M. Louis Gentil, un Institut Scientifique, destiné à concentrer, à l'imitation des *surveys* des colonies anglaises, toutes les études faites sur le pays, et, en même temps, à coordonner tous les efforts des savants qui s'occupent de notre nouvelle possession.

En Cochinchine, où le riz constitue la principale culture et la grande richesse, le Gouvernement local décidait en 1912 la création d'une Station rizicole, chargée, non seulement d'essais de sélection, mais encore de l'étude des procédés de culture et de récolte, et aussi de celle des maladies.

A Madagascar, vers la même époque, une organisation analogue était en projet, suivant un plan que nous exposions alors dans la *Quinzaine coloniale*, l'important organe de l'Union Coloniale Française.

Enfin il ne faut pas oublier tous les efforts faits depuis un certain nombre d'années par l'Association cotonnière coloniale.

Mais ce ne sont donc toujours que de timides essais ou de simples projets, qui n'ont peut-être jamais été aussi encouragés qu'ils l'eussent mérité. Nous le disions en 1911, au Congrès de l'Afrique Orientale Française : « Nous touchons là, ayons le courage de le reconnaître, au vice fondamental, ou, si l'on préfère, au point faible de toute notre organisation coloniale. On n'a pas encore senti, en haut lieu, la nécessité d'une intervention scientifique dans l'organisation de notre domaine agricole colonial. Les quelques Stations d'essais qui ont été créées l'ont été presque toujours sans grande conviction, sans la moindre confiance dans les résultats qu'elles pouvaient donner, et la conséquence en a malheureusement presque constamment été que, organisées dans ces conditions, c'est-à-dire tant bien que mal, et plutôt mal que bien, elles ont rendu si peu de services que la méfiance première a dans la suite paru justifiée. »

Avouons encore qu'une autre cause d'échec, ou, en tout cas, d'hésitation dans la création de ces Stations par les Gouvernements locaux de nos colonies, a été la crainte — plusieurs fois manifestée devant nous — que les postes, une fois créés, ne fussent pas occupés par les spécialistes désirés. Au reste, il n'était pas toujours sûr qu'on pût trouver ces spécialistes.

A cet autre point de vue, il serait donc

nécessaire que, dans la Métropole, on se préoccupât de combler cette lacune, due peut-être à ce que, aussi bien dans notre monde scientifique que dans notre monde industriel, l'intérêt de l'étude des matières premières coloniales n'est pas suffisamment entrevu. Et cette remarque nous amène à la seconde question que nous voudrions examiner.

II

Ce qui nous frappe, en effet, dans tout ce que nous avons lu ou entendu à propos du projet de M. le sénateur Goy, c'est la part très faible, pour ne pas dire nulle, qui y est attribuée à l'étude de ces matières premières que notre industrie met en œuvre. Et cet oubli concorde bien avec cette indifférence à laquelle nous venons de faire allusion, et que manifestent beaucoup d'industriels — beaucoup de chimistes aussi d'ailleurs — pour l'origine de ces matières premières. Nous venons pourtant de voir, par les exemples plus haut cités, combien, pour un grand nombre d'industries, les sciences chimiques et les sciences naturelles peuvent être connexes.

Les usiniers qui préparent ou qui transforment les substances grasses, et qui, comme il est naturel, sont en quête continuelle de nouvelles graines élargiraient considérablement le champ de leurs recherches si, au cours de l'enseignement qu'on propose d'organiser, il leur était donné une idée rapide des ressources trop ignorées et encore inutilisées que peut leur offrir la riche végétation tropicale. Leur faire entrevoir dans un enseignement simple, d'où serait exclu — comme il devrait bien être exclu de tous les enseignements — un pédantisme scientifique, les pousserait à expérimenter, comme il n'est que juste de dire que le font déjà quelques-uns d'entre eux, ces produits nouveaux.

Dans un enseignement relatif aux textiles, des notions analogues sont tout aussi nécessaires, ainsi que, en outre, quelques connaissances histologiques. Nous avons maintes fois indiqué, en divers ouvrages, comment quelques données de classification peuvent être une première et très précieuse indication sur la valeur d'un textile nouveau, parce que la constitution histologique et microchimique de ce textile, en même temps que sa position dans les tissus de la plante, coïncident fréquemment avec la place qu'occupe l'espèce productrice dans le règne végétal. Quant à l'importance de l'examen microscopique dans l'étude de cette catégorie de produits, il serait superflu de la démontrer.

Les mêmes remarques s'appliquent aux Ecoles de Papeterie.

En tannerie, le nombre des végétaux utilisés s'est considérablement accru depuis quelques années à l'étranger. Les plantations d'acacias de l'Afrique du Sud ont pris une extension de plus en plus grande; les arbres des mangroves ont été l'objet de nombreuses observations et de beaucoup d'analyses. Nos tanneurs, qui paraissent avoir encore sur certains de ces arbres quelques dernières préventions qui ont disparu à l'étranger, auraient, croyons-nous, tout intérêt, ne fût-ce que pour bien se rendre compte de ce qui a été fait au dehors, à être un peu documentés botaniquement sur ces plantes spéciales, dont l'exploitation méthodique et réglementée constituerait, d'autre part, pour nos colonies, un revenu nouveau.

Conçoit-on une histoire de l'industrie caoutchoutière d'où le chapitre botanique serait éliminé? L'étude botanique seule peut faire bien comprendre la diversité des sortes, puisque cette diversité tient aux origines si variées de tous les caoutchoucs. Et pour ces caoutchoucs, comme pour toutes les autres substances végétales, l'étude d'un produit dont la source précise est ignorée est stérile, parce que sans base. L'étiquette commerciale ne remplace pas le nom botanique, car on ne peut affirmer que la sorte qui nous parviendra plus tard sous une désignation identique sera la même, et non quelque similaire. D'où toutes les erreurs et toutes les confusions si souvent faites. Voilà ce dont se doivent bien persuader les fabricants qui désirent véritablement connaître les matières qu'ils emploient.

Dans les industries de fermentation, les organismes qui interviennent, et dont il est indispensable de connaître l'identité spécifique et le mode d'action, sont des végétaux. Pour cette première raison, une étude botanique s'impose donc encore. Mais elle s'impose aussi à un autre point de vue ; nous voulons parler des expériences de sélectionnement des végétaux qui fournissent la substance directement ou indirectement fermentescible. Pour la brasserie, la preuve est faite. Lorsque les brasseurs de Nancy, il y a quelques années, revinrent de Suède, où ils étaient allés se renseigner sur les nouvelles méthodes de perfectionnement des orges, ils étaient convaincus « que tous les efforts qui ont été faits au point de vue de ce perfectionnement en employant uniquement la méthode analytique de la chimie n'ont conduit qu'à des résultats peu appréciables ». Et ce fut un naturaliste qu'ils envoyèrent s'initier aux méthodes de Svalöf. On sait les beaux travaux qui en sont résultés.

Une industrie enfin — car il faut nous limiter — pour laquelle l'enseignement technique en

France a été beaucoup trop négligé, c'est la minoterie. Des écoles de meunerie ont été depuis longtemps fondées en Allemagne. Qu'en est-il résulté? Beaucoup de nos futurs minotiers, ne trouvant pas chez nous l'instruction spéciale qu'ils désiraient acquérir, sont nécessairement allés dans le pays où ils savaient la trouver. Tout naturellement ils sont revenus ne connaissant qu'un seul outillage, que, tout naturellement aussi, ils avaient appris à considérer comme le seul bon; et ce n'est pas l'unique raison, mais c'est vraisemblablement une de celles qui ont contribué à introduire si largement chez nous cet outillage étranger. Soucieux de remédier à ce fâcheux état de choses, l'Institut Colonial de Marseille, aidé par le Syndicat des Minotiers de la ville, avait, au commencement de 1914, projeté, dans notre grand centre méditerranéen, la création d'une de ces Ecoles de Meunerie. Le projet n'est, au surplus, nullement abandonné, et un petit enseignement botanique est, avec raison, prévu dans le programme qui est ébauché. Ainsi que le faisait remarquer le Président du Syndicat des Minotiers marseillais, dans le rapport qu'il rédigeait à ce propos, il est bien établi, par les travaux publiés aux Etats-Unis, que l'analyse chimique des grains ne suffit pas pour nous fixer *a priori* sur la valeur de ces grains; il faut tout autant considérer certains caractères morphologiques, qui, tels que l'épaisseur des enveloppes, sont assez faciles à observer et sont, d'après MM. Shaw et Gaumnitz, concomitants de certaines qualités des farines.

III

Telles sont les idées que nous sommes heureux d'avoir pu exposer ici, puisque le Directeur de cette *Revue* a bien voulu nous demander de participer à l'enquête qu'il a entreprise sur un projet très heureusement conçu. Nous avons surtout voulu montrer que l'idée qui domine ce projet doit être étendue et appliquée à la mise en œuvre de notre domaine colonial; et nous savons que c'est le vif désir de beaucoup de coloniaux, navrés de voir trop souvent leurs efforts paralysés par la routine.

C'est dans la création de l'enseignement demandé — et peu nous importe personnellement le mode d'organisation — que se ferait plus étroite l'union nécessaire de l'homme de laboratoire et de l'industriel ou du colon, et que ceux-ci, mis au courant des méthodes scientifiques, acquerraient le désir de les appliquer.

Et pourquoi cet espoir ne se réaliserait-il pas? Après s'être bercé pendant de trop longues années dans les illusions du pacifisme, le Français a su, sous la menace soudaine et brutale, préparer en quelques mois une guerre à laquelle il ne songeait pas, et maîtriser un adversaire qui se préparait, lui, depuis quarante ans. Demain ce même Français, s'il est bien guidé, sera tout aussi prêt à la lutte économique, à la condition que, pour cette nouvelle lutte, on lui fournisse — comme on les lui fournit pour les combats actuels — les moyens qui lui assureront cet autre succès.

Henri Jumelle,
Professeur à la Faculté des Sciences,
Directeur du Musée Colonial
de Marseille.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Hubrecht (J. B.). — **The Solar Rotation in June 1911, from spectrographic observations made with the Mc Clean solar instruments.** (La rotation solaire en juin 1911, déduite d'observations spectrographiques effectuées avec les instruments solaires Mc Clean.) — *1 vol. in-4 de 77 p. avec fig. (Vol. III, part 1, des* Annals of the Solar Physics Observatory, Cambridge) *(Prix : 9 sh.) Cambridge University Press*, 1915.

La rotation solaire a longtemps intrigué les astronomes et plus on l'étudie, plus on y découvre de singularités dont l'interprétation n'est pas toujours aisée. Les résultats obtenus à ce propos par M. Hubrecht avaient déjà été accueillis avec un vif intérêt au dernier Congrès solaire de Bonn en 1913 : l'auteur en présente ici la discussion complète.

M. Hubrecht s'est servi de la méthode spectroscopique employée jadis par Dunér, en y apportant toutes sortes de perfectionnements : il a pu ainsi pousser ses recherches jusqu'à 15° des pôles, ce que ne permet point l'étude directe des taches. Ses clichés, très nombreux, ont tous été faits en 15 jours; leur homogénéité est donc fort grande.

On sait que le caractère principal de la rotation du Soleil consiste en une accélération des régions équatoriales par rapport aux régions polaires. M. Hubrecht trouve de nouvelles anomalies. L'hémisphère boréal tournerait plus vite que l'autre. De plus, les vitesses angulaires paraissent décroître nettement avec la longueur d'onde de la raie étudiée. L'effet se retrouve dans les travaux des savants qui ont publié des études d'ensemble sur le sujet : il expliquerait bien des discordances antérieurement observées en différentes occasions.

Enfin la loi énoncée par Faye concernant la rotation n'est, d'après M. Hubrecht, pas exacte : aucune formule simple ne saurait du reste la remplacer. Les vitesses angulaires ont en effet, vers les latitudes ± 60°, un minimum suivi d'un relèvement rapide près des pôles. Ce résultat est particulièrement étrange, et le plus curieux c'est que la théorie solaire d'Emden — où le Soleil serait formé de couches en hyperboloïdes glissant les unes sur les autres — permet de l'expliquer. Il y aurait là, en faveur de cette théorie, une sérieuse présomption, qui mérite certes d'être confirmée, mais sur laquelle le très remarquable mémoire de M. Hubrecht aura été, croyons-nous, le premier à attirer l'attention.

Jean Bosler,
Astronome à l'Observatoire de Meudon.

2° Sciences physiques

Petit (G.-E.), *Ingénieur des Postes et Télégraphes, directeur technique de la Cie générale Radio-télégraphique,* et **Bouthillon** (Léon), *Ingénieur des Postes et Télégraphes chargé du service de la Télégraphie sans fil.* — **T. S. F. La Télégraphie sans fil, la Téléphonie sans fil, applications diverses.** *Préface par le Professeur* A. d'Arsonval, *membre de l'Institut. Troisième édition, entièrement refondue. — 1 vol. in-8° de VIII-243 p., avec 185 gravures. (Prix : 7 f. 50). Librairie Delagrave, Paris, 1916.*

La première édition de cet ouvrage a fait l'objet d'une analyse[1], et nous devons nous borner à signaler les particularités propres au nouveau tirage. Bien que celui-ci suive d'assez près le précédent, l'évolution rapide de la télégraphie sans fil, la portée croissante des signaux, le perfectionnement des appareils et des méthodes nécessitaient des remaniements importants. Néanmoins, le cadre primitif a été conservé dans la première partie du volume, dont le plan se résume ainsi :

Etude des oscillations électriques. Détecteurs d'ondes. Propagation des ondes électromagnétiques. Transmissions à grande distance. Historique et technique de la radio-télégraphie. Description de quelques stations de petites, moyennes et grandes puissances.

Le chapitre consacré à la radio-téléphonie est un peu écourté. Nous eussions désiré y voir mentionner le pliotron[1] et les progrès récemment réalisés par l'American Telephone and Telegraph Company[2]. Il est vrai qu'il s'agit là d'instruments et de procédés qui n'ont pas encore franchi la période des essais et ne font pas l'objet d'une exploitation régulière.

C'est d'ailleurs visiblement pour le même motif que les auteurs ont jugé prudent d'indiquer seulement en peu de mots le problème de la transmission des images sans fil et celui de la transmission de l'énergie à distance. En revanche, ils ont, avec raison, fait un exposé très complet des signaux horaires et météorologiques transmis chaque jour par la station de la tour Eiffel. Ils ont aussi insisté, et très justement, sur le problème capital de la direction des ondes, en étudiant plus particulièrement le système Bellini-Tosi, ainsi que les radiophasemètres et radiodiphaseurs G.-E. Petit.

Les dernières pages contiennent d'importantes additions, telles que la Convention radio-télégraphique internationale, le Règlement de service annexé et l'Instruction à l'usage des stations radio-télégraphiques.

Chargés de l'installation et de la surveillance des postes français de T. S. F., les auteurs ont contribué par leurs propres travaux au progrès de la radio-télégraphie, et, comme le fait très justement remarquer, dans la préface, M. d'Arsonval, qui a pu voir à l'œuvre MM. Petit et Bouthillon, s'il y avait un reproche à leur adresser, ce serait de pécher par excès de modestie.

Cette nouvelle édition sera certainement appréciée du public autant que ses deux aînées.

Ernest Coustet.

Le Bas (Gervaise). — **The Molecular Volume of liquid chemical Compounds.** (Les volumes moléculaires des combinaisons chimiques liquides.) — *1 vol. in-8°, de 276 p. (Prix : 7 s. 6 d.). Longmans, Green and C°, édit., Londres*, 1915.

Ce volume appartient à l'intéressante série de monographies publiées sous la direction de M. le Prof. Findlay. L'auteur s'est proposé de rassembler et de classer systématiquement tout ce que nous savons actuellement sur le volume moléculaire des liquides, particulièrement au point d'ébullition ; il a en outre procédé à une revision soigneuse des valeurs des volumes atomiques pour les principaux métalloïdes, et examiné l'influence des variations de constitution. Le lecteur trouvera facilement, grâce à l'ordre adopté, tout ce qui peut lui permettre de se faire une opinion sur les applications possibles des régularités constatées et sur les lacunes qu'elles présentent.

L'ouvrage est par suite intéressant aussi bien pour celui que les relations entre les propriétés physiques et la composition ou la constitution chimique intéressent d'une manière générale que pour le chimiste organicien ou le physico-chimiste désireux, dans ce domaine particulier, de poursuivre de nouvelles recherches.

1. Voir la *Revue générale des Sciences*, 1911, page 815.

1. *Ibid.*, 1915, page 422.
2. *Ibid.*, 1915, page 599.

Les faits accumulés montrent que, pour le volume moléculaire, nous en sommes encore au stade des relations intéressantes, mais sans explications générales; il en est de même d'ailleurs pour les autres propriétés physiques, et le progrès réel en ce domaine est évidemment lié au développement de nos idées sur la nature des molécules et des atomes. Toute nouvelle théorie devant être confrontée avec les faits, il est indispensable que ceux-ci soient rassemblés et classés; ce n'est pas la moindre utilité des ouvrages de la nature de celui que nous analysons que de permettre cette confrontation; il est seulement à souhaiter que de semblables efforts de classement soient faits pour toutes les autres propriétés physiques.

C. Marie,
Docteur ès sciences.

3° Sciences naturelles

Lewis (J. Volney), *Professeur de Géologie et de Minéralogie au Collège Rutgers.* — **Determinative Mineralogy, with Tables.** *2e édition. — 1 vol. in-8 de VIII-155 p. avec 68 fig. (Prix cart : 1 dollar 50 cents). John Wiley and Sons, 432, Fourth Avenue, New-York,* 1915.

Cet ouvrage a été écrit pour l'usage des étudiants en minéralogie et aussi des géologues et ingénieurs des mines. Il renferme deux parties. La première est consacrée aux principes de la détermination des minéraux: étude des appareils, des réactifs, des essais au chalumeau et des réactions chimiques, réactions caractéristiques de chaque élément, forme cristalline, précautions à observer pour l'emploi des tables. La seconde constitue les tables proprement dites, qui donnent les principales propriétés physiques et chimiques de 380 minéraux, arrangés de telle façon qu'un minéral inconnu puisse être facilement retrouvé. Le plan général est celui des tables de von Kobell, condensé et simplifié, avec quelques arrangements. Les noms des minéraux sont imprimés en caractères de trois grandeurs différentes, suivant leur importance relative; quelques espèces rares ou sans utilité pratique ont été omises. Les essais les plus difficiles et les plus longs ont été évités, et en général les essais par voie sèche ont été préférés aux essais par voie humide. Une table supplémentaire des minéraux, disposés par système cristallin, lustre et dureté, peut aider aux déterminations.

L. B.

4° Sciences diverses

Asociacion Española para el progreso de las Ciencias. — Congreso de Valladolid. *Tome I.* **Discursos de apertura.** — *1 vol. in-8° de 237 pages avec fig. Imprenta de Eduardo Arias, 5, San Lorenzo, Madrid,* 1915.

Guida de Valladolid (*Dedicada a los Congresistas por el Comité local*) — *1. vol. in-8° de 213 pages avec fig. Tipografia Cuesta, Valladolid,* 1915.

L'Association espagnole pour l'Avancement des Sciences, qui s'est constituée sur le modèle de ses sœurs aînées de Grande-Bretagne, de France, des Etats-Unis et d'Italie, a tenu son 5e Congrès à Valladolid du 17 au 22 octobre 1915. Le tome I des procès-verbaux de cette réunion vient de paraître; il reproduit les discours qui ont été prononcés à l'ouverture des différentes sections du Congrès.

Devant la Section de Mathématiques, M. J. Rey Pastor, professeur à l'Université de Madrid, a traité des progrès des Mathématiques en Espagne au XIXe siècle, tant au point de vue de l'enseignement supérieur, qui a fait de grands progrès grâce surtout aux efforts de Echegaray, qu'au point de vue de la découverte, sensiblement nulle pour des raisons que l'auteur expose, mais qui laissent place à de meilleurs espoirs pour l'avenir.

Devant la Section d'Astronomie et de Physique du globe, M. V. F. Ascarza a exposé magistralement quelques-uns des problèmes actuels de l'Astrophysique, en particulier ceux qui se rapportent à l'étude du Soleil et des étoiles, et montré la part qu'essaient d'apporter à leur solution les Observatoires espagnols, qui ont vu leur nombre sensiblement s'augmenter depuis le commencement du siècle par la création, à côté des deux anciens établissements de San Fernando (Cadix) et de Madrid, des Observatoires de Cartuja (Grenade), de l'Ebre (Tortosa) et Fabra (Barcelone).

M. J. Rodriguez Mourelo, professeur à l'Ecole d'Arts et d'Industries de Madrid, a ouvert les séances de la Section des Sciences physico-chimiques par une conférence sur les complexes minéraux, où il a surtout mis en relief les travaux de Werner qui ont complètement renouvelé cette partie de la Chimie.

M. E. Hernandez-Pacheco a choisi comme thème de son discours d'ouverture devant la Section des Sciences naturelles l'état actuel des recherches paléontologiques et préhistoriques en Espagne; il y a traité successivement des mammifères tertiaires, des restes de l'homme quaternaire et de la faune qui l'accompagnait, et enfin des peintures rupestres trouvées dans un grand nombre de cavernes et qui constituent une manifestation si importante de l'art préhistorique. La mise au jour de ces dernières richesses a été l'œuvre en partie des savants attachés à l'Institut de Paléontologie humaine de Paris, et surtout du Comité de recherches paléontologiques et préhistoriques fondé par la *Junta para ampliación de Estudios* et soutenu par les libéralités du marquis de Cerralbo et du comte de la Vega del Solla.

Devant la Section des Sciences historiques, philosophiques et philologiques, le Père M. Arnaiz, directeur des Etudes au Monastère royal de l'Escurial, a parlé de la crise de l'intellectualisme, tandis que M. A. Simonena, professeur à l'Université de Madrid, exposait devant la Section des Sciences médicales les caractéristiques de la Pathologie actuelle. Enfin, M. P. Pérez de los Cobos, ingénieur des Chemins, Canaux et Ports, traitait, devant la Section des Sciences appliquées, de la Mécanique appliquée et de Cartigliano, le savant ingénieur italien, auteur d'une méthode générale de calcul des constructions, qui n'est guère appliquée que par une minorité de techniciens espagnols et qui mériterait d'être beaucoup plus répandue.

A l'exemple de ce qui se passe depuis de longues années pour les Congrès de l'Association française, entre autres, le Comité local d'organisation de Vallalodid avait décidé de publier un Guide de la ville et des environs, à l'usage des congressistes. Cet intéressant petit volume renferme d'abord une description des principales institutions publiques de la ville : établissements d'enseignement, bibliothèques, musées, sociétés savantes, églises, couvents, séminaires, établissements militaires, institutions civiles et politiques, industrielles et sociales, services publics; une seconde partie fournit des renseignements historiques et artistiques sur les monuments les plus importants de la ville et des localités environnantes.

Ce guide, orné d'un plan et de nombreuses photographies, montre le soin avec lequel le Comité local avait préparé le 5e Congrès de l'Association espagnole pour l'Avancement des Sciences.

Louis Brunet.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 27 Mars 1916

M. le Président annonce le décès de M. **Léon Labbé**, membre de la Section des Académiciens libres.

1° Sciences physiques. — M. **A. Blondel** : *Remarques sur l'emploi du courant continu à haute tension pour la télégraphie et la téléphonie sans fil.* L'auteur estime que les seuls cas intéressants actuellement pour l'emploi du courant continu en t. s. f. sont la téléphonie sans fil et l'arc chantant donnant directement des ondes entretenues dans l'antenne. — M. **P. Gaubert** : *Sur l'accroissement des cristaux.* L'auteur fait remarquer que les observations récentes de M. Dauzère sur la cristallisation de l'oxyde de phényle (p. 224) ne font que confirmer celles qu'il a faites antérieurement sur le mode d'accroissement des cristaux sous l'influence d'un ou plusieurs courants de concentration. — M. **A. Trillat** : *Sur un procédé colorimétrique utilisé par les Romains pour caractériser les eaux douces.* Ce procédé, d'après Hippocrate, repose sur l'emploi de vin rouge très foncé, l'eau douce se distinguant de l'eau dure indigeste en ce qu'elle est colorée par de petites quantités de vin rouge. Ce procédé est l'application d'un principe scientifique : en effet, si l'on ajoute avec précaution de très petites quantités de vin rouge à l'eau, on remarque que la décoloration est d'autant plus complète que l'eau renferme plus de sels alcalins; celle-ci se colore par conséquent plus rapidement en leur absence. La matière colorante du vin rouge joue ici le rôle d'indicateur. A proprement parler, ce procédé colorimétrique fournit des résultats concernant l'alcalinité plutôt que la dureté de l'eau, mais il y a souvent concordance entre ces deux facteurs. — M. **L. Reutter** : *Analyse d'une pommade romaine.* Cet onguent, contenu dans une amphore trouvée dans des fouilles à Lugano, est constitué par un mélange de cire d'abeilles et de corps gras, que les Romains additionnèrent de styrax et de térébenthine macérés dans du vin et de henné pour le parfumer et le conserver. Il devait être utilisé par les mondaines de ce temps comme crème de toilette.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Brives** : *Des relations du Trias et des gîtes métallifères en Algérie.* Sans nier qu'il puisse exister des gîtes de ségrégation en rapport avec les roches éruptives tertiaires, il paraît bien que dans l'ensemble des gîtes algériens ces roches n'ont joué qu'un rôle tout à fait secondaire. Il existe des gîtes sédimentaires triasiques. La majeure partie des gîtes tant filoniens que de substitution ont pour origine commune les gîtes sédimentaires triasiques. — M. **P. Chaussé** : *Recherches sur la persistance du trou de Botal chez quelques animaux domestiques.* La persistance du trou de Botal est commune chez le bœuf et le porc (16 et 19 % des cas), animaux qui travaillent peu; elle ne semble déterminer d'ordinaire aucun trouble de la santé générale; mais, dans les cas où la communication est la plus large (environ 2 cm.), elle provoque une hypertrophie cardiaque très modérée. L'auteur a observé aussi, chez le porc et le bœuf adulte, l'absence complète du septum interauriculaire, malformation analogue, mais plus grave. Le trou de Botal persiste, au contraire, exceptionnellement chez le cheval et le chien, animaux qui font travailler au maximum leur muscle cardiaque; il persiste assez rarement aussi chez le mouton. — M. **A. Lécaillon** : *Sur l'existence de deux générations annuelles chez la Galéruque de l'Orme et sur la manière dont elles se succèdent.* Dans la région toulousaine, les œufs de la Galéruque de l'orme sont déposés sous les feuilles d'orme pendant une période de 4 mois (mai à septembre). Il y a, au cours de la saison, deux générations successives qui se reproduisent toutes deux : la première surtout pendant les mois de mai et de juin, la deuxième surtout pendant les deux mois suivants. Les adultes de 2e génération commencent à apparaître alors que certains adultes de 1re génération se reproduisent encore. De même, à la fin de la saison, les adultes de 3e génération, qui constitueront la 1re génération de l'année suivante, commencent à éclore probablement avant que tous les adultes de 2e génération aient achevé de pondre. Il est possible, mais non certain, que des adultes de 2e génération n'ayant pas terminé leur ponte puissent hiberner et continuer à se reproduire au printemps suivant et que certains adultes de 3e génération puissent commencer à pondre avant d'hiberner. — M. **A. Magnan** : *La vaccination contre les fièvres paratyphoïdes A et B.* L'auteur donne les résultats de la vaccination de 14451 hommes, qui ont reçu à 8 jours d'intervalle les deux injections obligatoires de vaccin A + B. Les réactions locales consécutives aux injections de vaccin ont consisté dans l'engourdissement et dans la douleur. Les réactions fébriles se sont montrées fort rares.

Séance du 3 Avril 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *La découverte de la nébuleuse d'Orion par Peiresc.* L'auteur montre que la découverte de la nébuleuse d'Orion (N. G. C. 1976), longtemps attribuée à Huygens (1659), puis à Cysatus (1618), avait été faite antérieurement par Peiresc le 26 novembre 1610, comme l'indique le Journal d'une partie de ses observations astronomiques. — M. **H. Arctowski** : *Les variations de la latitude héliographique moyenne des taches solaires.* Le diagramme de l'ensemble des résultats des observations de Greenwich de 1874 à 1913 montre de très fortes oscillations de la latitude des taches aux minima des cycles solaires de 11 ans. Au commencement de chaque cycle solaire, il y a prédominance de l'hémisphère boréal; mais aussitôt les oscillations décroissent d'ampleur et les taches accusent une tendance très marquée à atteindre, en moyenne, des latitudes de plus en plus australes. Cependant, il y a une variation de courte durée incomparablement plus apparente que celle de 11 ans. Il y a dans chaque cycle solaire 5 maxima et 5 minima, de même que pour les quotients de facules et de taches. Il semble qu'avant 1850 les latitudes moyennes ont été positives; dans le cycle présent, la prédominance de l'hémisphère boréal paraît également probable.

2° Sciences physiques. — M. **J. Vallot** : *Sur la loi qui relie l'absorption calorifique d'une cuve aux indices de réfraction de la matière de la cuve et du liquide qu'elle contient.* Soient I' l'intensité du rayonnement calorifique à la sortie d'une cuve capillaire, I_1 l'intensité pour un liquide de même indice que la matière de la cuve, α la valeur absolue de la différence entre l'indice de la cuve et celui du liquide, β un coefficient dépendant de l'épaisseur et de la matière des plaques de la cuve; on a : $I' = I_1 - \alpha\beta$. Pour la détermination du pouvoir diathermane d'un liquide, on remplira la cuve de liquide de l'épaisseur voulue, et l'on mesurera l'intensité à la sortie, sans s'occuper de l'intensité incidente; puis on tiendra compte de l'absorption propre de la cuve, en divisant cette intensité par I' déterminé comme il vient d'être indiqué. — M. **E. Léger** : *Les dérivés acétylés isomères de la nataloïne et de l'homonataloïne.* L'auteur montre que le dérivé pentacétylé β de la nataloïne doit être considéré comme la *dl*-pentacétylnataloïne, correspondant à la *dl*-nataloïne; le

dérivé γ devient l'α-pentacétylnataloïne et le dérivé δ la β-pentacétylnataloïne. — M. **J. Wolff** : *Sur une substance coagulant l'inuline et l'accompagnant dans les tissus végétaux.* L'auteur a découvert dans les racines de chicorée et les tubercules de dahlia une substance qui possède la propriété de coaguler énergiquement les sucs extraits de ces végétaux et de précipiter de ses solutions colloïdales l'inuline purifiée. Sans présenter tous les caractères attribués aux diastases, l'agent coagulant s'en rapproche par ses propriétés essentielles: l'auteur propose de le nommer inulo-coagulase.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Chifflot** : *Sur les variations sexuelles des inflorescences et des fleurs chez les* Codiaeum *cultivés.* Les inflorescences des *Codiaeum* cultivés, normalement monoïques, peuvent présenter les variations suivantes : 1° formation de fleurs femelles de deuxième génération sur les inflorescences mâles; 2° formation de fleurs mâles de deuxième génération sur des inflorescences femelles; 3° formation d'inflorescences bisexuées à l'origine; 4° formation, sur des inflorescences bisexuées à l'origine, de fleurs hermaphrodites à l'origine. Les bouturages successifs pratiqués avec ces plantes ne paraissent pas étrangers à l'apparition des variations. — Mlle **Y. Trouard-Riolle** : *Hybridation entre une Crucifère sauvage et une Crucifère cultivée à racine tubérisée.* D'expériences de croisement entre le *Raphanus Raphanistrum* et le *R. sativus*, l'auteur déduit que l'hybridation est un excellent moyen de produire artificiellement la tubérisation d'une plante sauvage. Dans l'hybride considéré entre une plante cultivée et une plante sauvage, le type sauvage a tendance à devenir prépondérant dans la descendance des plantes hybrides. Il est facile d'expliquer, d'après cela, qu'un grand nombre de ravenelles se rencontrent parfois au voisinage d'un champ de radis abandonné. Il n'y a pas dégénérescence du radis, mais à la suite de croisements retour abondant à l'espèce sauvage. — M. **M. Baudouin** : *Sur l'antériorité de la mâchoire trouvée à La Naulette.* D'après l'étude des prémolaires et molaires de la mâchoire de La Naulette, l'auteur montre qu'elle est antérieure à celles de Spy et d'Heidelberg, et probablement d'âge pliocène. — M. **A. Borissiak** : *L'*Indricotherium *n. g., Rhinocéros gigantesque du Paléogène d'Asie.* L'auteur signale la découverte, dans les dépôts tertiaires continentaux de l'Asie occidentale, des restes d'un Rhinocéros gigantesque, dont les dimensions dépassent celles du Mammouth. Les molaires sont caractéristiques et construites tout à fait sur le type *Rhinoceros*, avec antécrochet; les prémolaires ont une structure plus primitive que chez aucun des Rhinocéros primitifs connus, le *Trigonias* compris. Le squelette de l'*Indricotherium* diffère de celui du *Rhinocéros* par une longueur plus grande, et par la sveltesse et la légèreté de ses os; ses membres n'ont que 3 doigts, dont les latéraux sont fortement réduits. — M. **E. Bataillon** : *Membrane de fécondation et polyspermie chez les Batraciens.* L'auteur montre que les polyspermies soi-disant physiologiques de Herlant ont pour condition essentielle la solution saline dont il s'est servi. Elles ne se produisent plus ou presque plus en présence d'eau pure ou de concentrations salines non optimum. — MM. **Ch. Nicolle** et **L. Blaizot** : *Sur la préparation d'un sérum antiexanthématique expérimental et ses premières applications au traitement du typhus de l'homme.* Les auteurs ont injecté au cheval et à l'âne des émulsions de rate et de capsules surrénales de cobaye infecté de typhus; ces inoculations virulentes ont été répétées plus de 100 fois sur l'âne, et le sérum de l'animal ainsi traité prélevé aux 30e, 60e et 80e jours. Ce sérum est doué de propriétés à la fois préventives et curatives chez les animaux et l'homme. Employé au traitement de 19 malades atteints de typhus grave, il a amené la guérison dans tous les cas; parfois, la défervescence s'est produite en 24 à 48 heures. Ce sérum antiexanthématique est dépourvu de toute toxicité pour l'homme, au moins à doses faibles.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 28 Mars 1916

M. **Gaucher** : *Les maladies vénériennes pendant la guerre à l'hôpital militaire Villemin et dans ses annexes.* L'auteur donne la statistique de son service de l'Hôpital Saint-Louis avant la guerre, comparée à la statistique actuelle, concernant les militaires d'une part et les civils d'autre part. Il en conclut que la syphilis est en progression, depuis la mobilisation, non seulement chez les militaires, mais aussi dans la population civile. En particulier, le nombre des cas de syphilis récente a augmenté de plus d'un tiers, presque de moitié. M. **Vaillard** confirme l'augmentation de fréquence des maladies vénériennes, depuis le début de la guerre, dans toutes les régions de l'intérieur et de la zone des armées. Ce développement est menaçant pour l'avenir de la race. — M. **L. Weekers**: *La cécité nocturne (héméralopie) chez les soldats.* Certains soldats se sont plaints depuis le commencement de la guerre de cécité nocturne : alors que le jour leur vision est bonne, vers le soir, et surtout la nuit, ils sont aveuglés au point d'être complètement désorientés; ils ne parviennent à se déplacer qu'au prix des plus grandes difficultés, font des chutes dans les fossés, les trous d'obus, et seraient incapables de retrouver leur chemin s'ils n'y étaient aidés par des compagnons. Ce symptôme est fréquent : sur une statistique de 3977 malades d'une consultation d'oculistique au front, 409, soit 10 %, présentaient des troubles très marqués d'héméralopie. La cause principale de la cécité nocturne est l'épuisement nerveux, le surmenage. Le traitement consistera dans le port de verres fumés pendant le jour et dans un régime roborant et une nourriture variée; les cas les plus graves pourront être hospitalisés pendant quelques jours dans une infirmerie, surtout pour y jouir du repos.

Séance du 4 Avril 1916

M. **Hector Treub** et Sir **A. E. Wright** sont élus Associés étrangers.

M. **L. Rocher**: *Extraction magnétique des projectiles intracérébraux.* L'auteur a entrepris une série de recherches expérimentales sur l'extraction magnétique des projectiles intracérébraux. Il a opéré sur des cervaux humains provenant d'autopsies faites 12 à 24 heures après la mort et où l'on avait inclus, à différentes profondeurs, des éclats métalliques divers. Les projectiles superficiels sont faciles à enlever par présentation directe de l'électro-aimant à la plaie cérébrale. Pour les projectiles profonds, il faut bien repérer au préalable, par les rayons X, la situation du projectile et orienter les lignes de flux de l'électro-aimant suivant le trajet de pénétration indiqué par la sonde cannelée, de manière à éviter la fausse route de retour. Enfin, pour les projectiles petits et profonds, on se servira avec avantage du conducteur magnétique qui permet une action plus proche de l'électro-aimant. Lorsqu'il s'agit de l'extraction tardive de projectiles enkystés ou situés au sein d'un abcès, l'électro-aimant peut encore localiser le corps étranger par le soulèvement du cerveau et permettre son extraction avec le minimum de traumatisme pour le parenchyme céphalique, à la condition que la voie d'accès chirurgicale soit bien choisie, que la manœuvre de l'électro-aimant soit prudente et progressive et que, notamment pour les balles, on prenne la précaution de les faire migrer pointe première. — MM. **G.-H. Lemoine** et **Devin**: *La méthode de Milne et la propagation des maladies contagieuses.* Les auteurs se sont servis avec succès de la méthode de Milne pour le traitement des maladies contagieuses dans une armée en campagne. Tous les contagieux ont été placés dans une même salle; chaque lit a été entouré d'une moustiquaire, sur laquelle on pratiquait 3 fois par jour des pulvérisations de goménol et de teinture d'eucalyptus. Toutes les 3 heures, on badigeonnait soigneusement la gorge

et le cavum des malades avec de la glycérine iodée au soixantième, et on instillait dans les fosses nasales de l'huile goménolée au vingtième. On a pu ainsi soigner côte à côte des malades atteints de rougeole, de scarlatine, d'oreillons, de diphtérie et d'angines suspectes sans aucune contagion.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 18 *Mars* 1916

MM. **Ch. Achard** et **Ch. Foix** : *Sur l'emploi des corps gras comme véhicules des vaccins microbiens.* Les auteurs ont reconnu que l'émulsion huileuse de bacille paratyphique B stérilisée par la chaleur détermine la formation d'anticorps et protège les animaux contre l'infection. La lenteur plus grande de l'apparition des anticorps donne à penser que la résorption des substances actives se fait plus lentement que pour l'émulsion aqueuse. — MM. **A. Lebœuf** et **P. Braun** : *L'hémoculture sur bile sèche.* L'hémoculture pour la recherche des bacilles du groupe typhique est réalisable sur extrait de bile sec. En modifiant d'une façon très simple le tube contenant l'extrait de bile, on peut facilement adresser des hémocultures à des laboratoires distants des formations sanitaires trop peu importantes pour posséder un service bactériologique. — **M. Ed. Retterer** : *Du fer des ganglions lymphatiques et de la lymphe.* Le centre des follicules ou nodules du ganglion lymphatique est un foyer de prolifération cellulaire; le ferrocyanure n'y met pas en évidence, chez le jeune adulte du moins, la présence du fer. A mesure que le tissu du ganglion évolue, que son cytoplasma se fluidifie, les noyaux, qui gagnent la périphérie du nodule, s'enrichissent en composés ferrugineux décelables par le ferrocyanure. Nous savons que ces noyaux se transforment en hématies; leur fer semble donc être employé à la formation de l'hémoglobine. Comme la rate, le ganglion est un magasin, un accumulateur de fer. — MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *De la morphologie et de l'évolution histogénétique de la rate des Equidés.* Les auteurs concluent de leurs recherches que l'ébauche splénique est constituée à l'origine par un tissu plein, dont une partie évolue dans un sens progressif en donnant naissance à des fibres élastiques, tandis que l'autre partie subit une fonte régressive, avec mise en liberté des cellules correspondantes, qui donne naissance au plasma sanguin et aux leucocytes. Les hématies prennent naissance dans la rate par le même processus que dans les ganglions lymphatiques : la chromatine de nombreux noyaux se transforme en hémoglobine, et, devenus libres par liquéfaction du protoplasma ou corps cellulaire, les noyaux hémoglobiques donnent naissance à autant d'hématies. — **M. M. de Kervily** : *Les mitochondries du syncytium des villosités placentaires.* Les formations mitochondriales qui existent dans le syncytium placentaire chez la femme à tous les stades de la grossesse sont des mitochondries très fines et des chondriomites. Il n'existe pas dans le syncytium d'ergastoplasme ni de filaments lisses ou de bâtonnets mitochondriaux. Les mitochondries sont relativement plus rares dans la zone profonde que dans les autres zones du syncytium. On trouve, dans une même portion de la couche syncytiale, des mitochondries, des chondriomites et des grains de sécrétion entremêlés. Le syncytium se rapproche ainsi, d'un côté, des protoplasmas dont le fonctionnement est continu, mais cette continuité n'est pas absolument régulière. — MM. **E. Doyen** et **Toda** : *Désinfection de l'eau potable par l'action successive de l'hypochlorite de soude et de l'eau oxygénée.* Le meilleur mode de désinfection rapide de l'eau potable, pour la destruction des microbes non sporulés, particulièrement du typhique et du paratyphique, est l'addition de solution officinale d'hypochlorite de soude ou liqueur de Labarraque en quantité suffisante pour représenter 3 milligr. de chlore par litre. Au bout de 5 minutes, on ajoute la proportion d'H^2O^2 officinale convenable pour provoquer le dégagement de tout l'oxygène de l'hypochlorite. Cette eau ne contient plus de germes typhiques ni paratyphiques. Contrairement à ce que l'on observe après l'action de l'hyposulfite de soude, l'eau ainsi traitée n'a ni odeur ni goût désagréable, car la quantité de chlorure de sodium qu'elle contient est très petite. — MM. **E. Doyen** et **Yamanouchi** : *La Flore bactérienne et le traitement des plaies de guerre.* Les microbes pathogènes (tétanos excepté) qui ont été le plus fréquemment observés dans les plaies de guerre sont : le streptocoque (97 °/o des cas), le staphylocoque (94 °/o), le *B. perfringens* (45 °/o). Les microbes non pathogènes disparaissent rapidement à la suite de l'incision, du drainage et des lavages antiseptiques; les bacilles pathogènes persistent davantage. La meilleure antisepsie est obtenue par les lavages successifs à l'hypochlorite de soude et à l'eau oxygénée.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 10 *Mars* 1916

M. S. Skinner : *Expériences illustrant le flux de chaleur dans des feuilles conductrices.* Lorsqu'une feuille de fer étamé est chauffée localement au moyen d'un bec Bunsen ou d'un chalumeau, l'étain fond jusqu'à une certaine distance de la région chauffée. En laissant la feuille se refroidir, l'étain resolidifié est séparé de l'étain non fondu par une ligne de démarcation très nette. Cette ligne donne la courbe de températures égales correspondant au point de fusion de l'étain. En chauffant plus ou moins, on peut obtenir une série de courbes de températures égales pour une feuille de forme quelconque chauffée en un point donné. Les cas présentés par l'auteur illustrent le flux de chaleur dans une plaque rectangulaire et dans un disque circulaire à partir d'une languette chauffée, autour du coin d'une bande en forme de L, etc. Les résultats obtenus sont très analogues à ceux qu'on obtient pour le flux de l'électricité dans des conducteurs de forme semblable. — MM. **R. S. Willows** et **H. T. George** : *L'absorption des gaz par les ballons de quartz.* Les auteurs ont poursuivi leurs recherches sur l'absorption des gaz provoquée par la décharge électrique. Un ballon de quartz neuf n'absorbe pas l'air; mais, si on le charge de doses répétées d'hydrogène, sous l'influence de décharges sans électrodes, il devient très actif. Si l'on fait alterner les décharges dans l'hydrogène avec les décharges dans l'air, le ballon peut absorber de grandes quantités de chaque gaz, et son activité pour chacun augmente graduellement. Les auteurs rejettent la théorie de l'absorption superficielle et, au moins pour leurs expériences, la théorie de Swinton, d'après laquelle le gaz est bombardé dans les parois et s'y maintient. Ils supposent qu'il y a action chimique avec l'air et qu'il se forme des produits d'oxydation, réduits ensuite par l'hydrogène. Ce processus est comparé à la formation des plaques dans une pile de Planté, l'absorption de l'hydrogène correspondant au chargement, et celle de l'air au déchargement de la pile. Des essais pour produire les mêmes effets par un traitement chimique ont réussi en partie, en particulier en fatiguant le ballon jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'absorption.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 9 15 MAI 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Une illusion horizontale-verticale de clarté. — M. J. W. Hayes[1] vient de se livrer à l'étude détaillée d'un phénomène sur lequel M. E. E. Barnard avait autrefois attiré l'attention. Deux composantes d'une étoile double, qui semblent posséder le même éclat quand on les observe horizontalement côte à côte, paraissent généralement de grandeur différente quand elles sont placées verticalement, et l'observateur considère presque toujours l'étoile inférieure comme plus lumineuse. D'après M. Hayes, la différence pourrait atteindre 2 ou 3 grandeurs. Des expériences de laboratoire effectuées sur un certain nombre de personnes confirment pleinement l'existence générale de cette illusion ; parfois, des personnes attribuent une plus grande clarté à la lumière supérieure, mais il y a une très forte prépondérance en faveur de la lumière inférieure. Dans la position horizontale, l'égalité est presque toujours reconnue.

Les essais d'explication du phénomène ont été généralement négatifs. Il dépend de la vision foveale et disparaît quand les étoiles sont assez éloignées pour n'être pas perçues simultanément sur la fovea. Il n'a aucun rapport avec l'illusion bien connue de l'égalité des deux segments du 8 ou du S, qu'on reconnaît immédiatement sur les caractères renversés 8 ou S. L'illusion ne disparaît pas quand l'observateur devient plus exercé et persiste comme une erreur personnelle constante. Elle ne paraît pas dépendre d'une différence de sensibilité des parties supérieures et inférieures de la fovea. M. Hayes pense que c'est une illusion pure, dépendant de l'état mental de l'observateur. Si celui-ci peut se persuader que les deux étoiles sont horizontales (bien qu'elles soient réellement verticales), l'inégalité d'éclat disparaît.

Cette illusion est évidemment importante au point de vue astronomique ; elle peut avoir faussé certaines estimations de grandeurs d'étoiles doubles.

1. *Psychol. Review Publications*, t. XX, n° 1.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

Les avions allemands modèle « Fokker ». — On a tellement écrit sur les avions de chasse allemands qu'il me paraît intéressant de dire rapidement la vérité sur cette création ou plutôt sur ce nouveau plagiat d'outre-Rhin.

Les Fokker sont, de l'avis des techniciens les plus compétents, de vulgaires contrefaçons de nos monoplans Morane-Saulnier. Dans la plupart de leurs dimensions, écrivait dernièrement M. Lagorgette, le Morane et le Fokker se ressemblent à un millimètre près. Les Fokker existaient avant la guerre, mais ils étaient déjà une copie des avions de marque et de fabrication françaises. Du reste, il faut ajouter, pour être précis, que les avions Ago (Aktien Gesellschaft Otto) étaient, eux aussi, des copies (à moteurs fixes) des Morane au point de vue ailes, gouvernes et fuselage. Le monoplan Hanuschke était encore une copie identique de ces avions. La firme Fokker avait bien construit, en 1912-1913, des monoplans portant ce nom, mais ceux-ci n'avaient rien de commun avec les Fokker actuellement en usage. Les ailes de ces premiers avions étaient presque rectangulaires en V infléchi. Le fuselage, composé, dans ces modèles de 1912, presque uniquement de la nacelle, était très court ; à la suite venait un empennage de forme analogue à celui des Taube. Le détail de cet appareil primitif, que je ne peux donner entièrement, offrait de nombreux inconvénients. Aussi il n'y a rien d'étonnant à ce que, dès 1914, la firme Fokker ait remplacé cet avion préhistorique par le Morane, que les Allemands avaient eu tout loisir d'étudier au moment des vols de Letort à Berlin.

Ces avions de chasse allemands se tiennent surtout sur la défensive : la fameuse consigne, qu'ont reçue les pilotes de ces appareils, de ne pas dépasser leurs lignes, par crainte de violation de leur secret, est d'un bluff caractéristique. En effet, dès les premiers mois de 1915, un Fokker monoplace fut abattu par les Français dans nos lignes et un biplace fut également recueilli parfaitement intact par les Anglais à quelque temps de la capture française. Le Fokker, qui est donc une imitation très

rapprochée du Morane, présente certaines particularités qu'il convient de rappeler ici. L'inclinaison, la position et la courbure des ailes lui sont propres. Au point de vue construction, le métal seul est employé, sauf pour les nervures et les longerons. Le train d'atterrissage est compliqué, comme tout ce qui est dû à l'imagination personnelle des Allemands. Il existe trois types principaux de Fokker: un biplan, qui est la fidèle copie de notre « parasol », auquel il a été ajouté des ailes inférieures ayant un tiers d'envergure en moins approximativement et décalées par rapport aux ailes supérieures; deux monoplans : l'un monoplace et l'autre biplace.

Le contour des ailes est exactement celui des Morane et leur profondeur oscille entre 1 m. 80 et 1 m. 95. La courbure est un peu différente, le sommet étant plus éloigné du bord d'attaque : ces ailes sont placées très haut et l'inclinaison est assez accentuée. En réalité, la face dorsale des ailes déborde légèrement les arêtes du fuselage et le Fokker constitue un type intermédiaire, pour ainsi dire, entre le parasol et le monoplan à ailes basses. La vision, le tir et le lancement des bombes ont été améliorés par rapport à nos avions. Au monoplace on a, en effet, établi une fenêtre dans chaque aile, et dans le biplace, sur lequel le passager est très sommairement assis derrière le pilote ; on a pratiqué des échancrures aux angles antérieurs et postérieurs des ailes, ainsi que des ouvertures dans le fuselage, ouvertures qui sont protégées à l'avant par des pare-brise.

Le fuselage est en toile : il se trouve recouvert à l'avant d'un capot et de plaques d'aluminium; ce fuselage est entièrement construit en tubes métalliques entourés d'une sorte de toile cirée qui semble être une marotte des constructeurs allemands. Ce fuselage est identique à celui des Morane et possède les mêmes sections, les mêmes proportions, les mêmes courbures, etc. Les Fokker sont dépourvus de plan stabilisateur et de plan de dérive fixe. Le gouvernail de profondeur, très peu différent de celui des Morane, est composé de deux parties dont l'ensemble offre l'aspect d'un trapèze. La seule modification de cet appareil, qui constitue un assemblage de plagiats, réside dans un emprunt qui a été fait aux anciens Nieuport. Le gouvernail offre en effet l'aspect d'une virgule ou plus exactement de deux demi-cercles accouplés par leur diamètre vertical, diamètre autour duquel il peut pivoter; le plus petit demi-cercle, placé à l'avant, offre une compensation partielle à la pression de l'air sur le plus grand.

Le train d'atterrissage, très compliqué, a encore été emprunté aux Morane; il a la forme en M. Le moteur, placé en porte-à faux comme dans l'appareil français, est un rotatif du type Gnome respectueusement copié.

Ces quelques détails, empruntés à une étude parue récemment sur cette question et due à M. Lagorgette, nous montrent que là encore nos ennemis n'ont pas fait œuvre personnelle. Aucun des détails des Fokker n'est de nature à nous faire craindre que nos appareils ne soient pas en état de lutter avec eux. Les exploits de Guynemer, de Navarre et de tant d'autres inconnus qui comptent à leur actif la « descente » de nombreux Fokker sont là pour nous le prouver.

A. Barrelet.

§ 3. — Physique

A propos de la fusion du carbone. — A propos d'une chronique parue sous ce titre dans notre n° du 30 mai 1905 (p. 293), nous avons reçu une lettre de M. Jacques Delpech, récemment revenu du front et qui n'avait pas eu l'occasion de prendre connaissance plus tôt de cette note.

D'après M. Oesterheld, dont la chronique en question résumait les travaux, ce serait le professeur allemand Lummer, de Breslau, qui, le premier, en 1913, serait arrivé à fondre le carbone en faisant jaillir un arc électrique entre deux électrodes de charbon.

M. Delpech revendique la priorité de cette découverte. La fusion de cet élément réfractaire a été, en effet, réalisée pour la première fois par lui à Paris en 1912 au Conservatoire des Arts et Métiers, comme en témoigne la communication qu'il fit à la Société française de Physique le 17 mai de cette même année, et dont la *Revue* a d'ailleurs donné un résumé (n° du 30 juin 1912, p. 489).

La réclamation d'antériorité de notre correspondant ne saurait faire de doute. Nous rappellerons, toutefois, qu'à l'inverse de M. Delpech, qui opère en atmosphère d'azote *comprimé* à 30 kilogs par cm², M. Lummer a exécuté ses expériences dans différents gaz sous *pression réduite* (en général de 1/5 d'atmosphère), et que les essais confirmatifs de M. Oesterheld qui ont été rapportés dans notre n° du 30 mai 1915 ont été faits en se plaçant dans des conditions voisines de celles de M. Lummer.

Lampe à arc à vapeur de cadmium. — M. J. S. Sand[1] a construit récemment une lampe à arc à vapeur de cadmium qui donne uniquement les raies du cadmium. Cette lampe fonctionne à une température assez élevée, le métal étant fondu avant l'allumage au moyen d'un bec Bunsen ; dans ces conditions, il suffit de faire basculer la lampe pour l'amorcer et le fonctionnement maintient une température suffisante pour que le métal demeure en fusion et ne produise pas des condensations de vapeur sur les parois.

Quelques difficultés de construction se sont présentées pour éliminer les gaz dissous dans le métal et les oxydes, ainsi que pour empêcher le métal d'adhérer au verre, ce qui aurait entraîné une rupture de la lampe au moment du chauffage ou du refroidissement. Les oxydes et les gaz dissous sont éliminés en soumettant le métal à une sorte de filtration dans le vide au moment de son introduction dans la lampe. On supprime l'adhérence du verre, qui serait très grande dans le cas d'un métal dépouillé des couches superficielles d'oxydes, en introduisant dans la lampe une petite quantité d'une poudre très fine qui se répand sur la surface du métal; l'on a employé, comme poudre, de l'oxyde de zircon obtenu en calcinant le nitrate de zircon.

La lampe ainsi construite est représentée sur la figure 1. Elle est formée d'un tube de quartz ayant la forme d'un V renversé, de manière à donner un compartiment cathodique A réduit, et un long compartiment anodique B. Chacun de ces compartiments se prolonge par un tube capillaire dans lequel est logé un fil de tungsène aboutissant à l'électrode *s*.

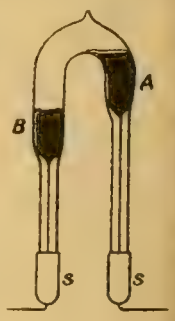


Fig. 1.

Après que le vide a été soigneusement fait dans la lampe, le métal est fondu et peut même être porté à l'ébullition pendant que le tube est en relation avec la pompe à vide, de manière à éliminer aussi complètement que possible les gaz dissous. Pour allumer la lampe, on en chauffe le sommet avec un Bunsen de manière à fondre le métal; à ce moment, elle s'amorce souvent spontanément, sans qu'il soit besoin de la faire basculer.

La lampe peut fonctionner sur les circuits d'éclairage à 100 ou 200 volts, à condition de disposer en série une résistance qui, en court-circuit, soit parcourue par un courant de 5 à 7 ampères. Le voltage aux extrémités de la lampe est faible, environ 30 volts.

Le métal distille du compartiment anodique dont la température est plus élevée vers la cathode et retombe ensuite en gouttelettes vers l'anode toutes les 2 ou 3 minutes, en produisant une légère scintillation, qui d'ailleurs ne présente pas un gros inconvénient.

La lampe peut fonctionner pendant un temps pour ainsi dire indéfini et constitue une source intense de lumière qui présente un très grand intérêt pour les recherches d'optique.

1. *The Electrical Review*, 3 mars 1916.

§ 4. — Géologie

Climat et évolution. — M. W. D. Matthew, curateur du Département de Paléontologie des Vertébrés au Musée américain d'Histoire naturelle, a présenté à l'Académie des Sciences de New-York un mémoire qui révolutionne les idées courantes en matière d'évolution[1]. Sa tendance fondamentale est de rejeter la vieille hypothèse d'un grand nombre de « ponts » entre les continents, que les géologues ont l'habitude de postuler toutes les fois que cela est nécessaire pour expliquer des faits bizarres dans la distribution des formes vivantes. Il y substitue l'hypothèse que « des variations climatiques séculaires ont été un facteur important dans l'évolution des Vertébrés terrestres et la principale cause connue de leur distribution actuelle ». De telles variations, associées à l'augmentation et à la diminution des continents par des émersions et des submersions de mille à deux mille pieds, sont considérées comme suffisantes par l'auteur pour rendre compte d'une grande partie des faits qui concernent l'évolution organique.

Les arguments de M. Matthew sont brièvement les suivants : les récentes études sur l'isostasie et la résistance de la croûte terrestre rendent de moins en moins probable l'existence de grands changements dans les dimensions relatives des masses continentales et des bassins océaniques. Il y a de grandes chances pour que les continents actuels aient existé en gros pendant une grande partie des temps géologiques, sans projections marquées au delà des limites du socle continental présent. Cette conception est en harmonie avec les données paléontologiques, en particulier celles qui concernent les Mammifères, d'où dérivent nos principales informations sur les terres. L'étude de presque toutes les grandes branches de Mammifères montre que les formes les plus hautement développées se trouvent sur les aires continentales tempérées froides, comme l'Amérique du Nord et l'Eurasie. L'idée ancienne était que l'habitat originel d'une famille d'animaux se trouvait là où existaient ses formes inférieures. Il y a là une erreur. Les formes inférieures sont celles qui n'ont pas répondu aux nouvelles conditions de milieu. Comme le climat a varié des conditions chaudes et humides de l'extension océanique et des petits continents bas aux conditions froides et rudes des continents étendus et des grandes élévations, les types d'animaux les plus faibles et les moins progressifs ont émigré avec le climat, tandis que les types plus forts et plus progressifs sont restés à leur ancienne place et se sont adaptés au nouvel environnement. Ainsi les formes trouvées dans les grands centres continentaux comme l'Asie sont relativement supérieures, tandis que les formes alliées des habitats moins rigoureux comme la plupart des pays équatoriaux représentent les types primitifs qui ont fui les nouvelles conditions au lieu d'y faire face.

En conformité avec cette hypothèse, M. Matthew trace le développement d'un grand nombre de familles diverses. Il montre que la tendance prédominante est la migration à partir d'un centre situé au cœur de l'Asie. Les dimensions de ce continent l'ont rendu particulièrement sujet à de grands extrêmes climatiques, qui ont provoqué une évolution rapide en même temps qu'une dispersion rapide sur des aires moins rigoureuses. Un résumé de ses conclusions relatives à l'homme donnera une bonne idée de la méthode du savant américain.

« Toutes les autorités, dit-il, s'accordent aujourd'hui pour placer en Asie le centre de dispersion de la race humaine. » Là nous trouvons les restes humains les plus anciens. Sur ses bords se développèrent les premières grandes civilisations, en Chaldée, en Asie Mineure, en Egypte à l'Ouest, aux Indes dans le Sud, en Chine à l'Est. Peut-être le plus grand fait de l'histoire est-il les migrations de cette région vers la Chine, l'Inde, l'Afrique et l'Europe. En Amérique, l'histoire des migrations va de l'Alaska vers le Sud. Aujourd'hui les races les plus primitives se trouvent dans l'Amérique du Sud, en Afrique, en Australie, au sud de l'Inde et en d'autres lieux qu'il est difficile d'atteindre de l'Asie centrale. L'ancienne hypothèse supposait que l'homme était d'origine tropicale et provenait des endroits où aujourd'hui il est le plus primitif. En opposition à cette idée, il apparaît que les races supérieures sont aujourd'hui clairement « adaptées à un climat tempéré froid et à un milieu formé plutôt de plaines herbeuses que de forêts humides denses ». Même la race nègre tropicale a atteint « son plus haut développement physique non dans les grandes forêts équatoriales, mais sur les hauteurs plus sèches et plus froides de l'Afrique orientale; et, lorsqu'il est transporté aux Etats-Unis tempérés, le nègre de la côte occidentale trouve aujourd'hui le milieu plus favorable que celui auquel ses ancêtres ont cherché pendant des milliers d'années à s'accoutumer eux-mêmes... Il semble donc juste de conclure que le centre de dispersion de l'humanité fut l'Asie centrale au nord des grands sommets de l'Himalaya et que, quand la région devint déserte par suite de l'aridité progressive, il s'est transféré dans les régions voisines à l'Est, au Sud et à l'Ouest. On peut ensuite admettre que le milieu dans lequel l'homme a évolué primitivement n'était pas humide et tropical, mais tempéré et plus ou moins aride, devenant progressivement froid et sec au cours de son évolution. »

Les mêmes conclusions se dégagent, pour M. Matthew, de l'étude de la plupart des Mammifères. Peut-être l'auteur les pousse-t-il un peu plus loin que les faits ne le justifient; en tout cas, elles méritent d'être prises en sérieuse considération.

§ 5. — Agronomie

Le remplacement des arbres détruits. — Dans les régions envahies par l'ennemi, comme dans celles qui se trouvent sur les limites du front, des forêts entières ont été anéanties. Les unes ont été rasées pour des besoins stratégiques, d'autres systématiquement exploitées pour la construction des abris ou le chauffage des troupes, la fabrication des crosses de fusils ou des traverses de voies ferrées. Il y a là des désastres dont la réparation sera une œuvre de longue haleine, mais à laquelle il importe de songer dès à présent.

Des dizaines d'années, des siècles peut-être seraient nécessaires à la reconstitution des forêts de chênes et de hêtres qui couvraient le Hainaut, la Thiérache et les Ardennes. Dans une communication à l'Académie d'Agriculture, M. Ardouin-Dumazet signale l'intérêt qu'il y aurait à la production d'essences non forestières d'un usage général, que la guerre a pour longtemps compromises, notamment le noyer et le frêne.

Le noyer était déjà sur le point de disparaître, avant la guerre : le goût du beau meuble et les besoins croissants de l'armement aboutissaient à une destruction d'autant plus regrettable qu'une grande partie des arbres abattus allaient en Allemagne; de telle sorte que bien des armes dirigées contre nous sont fabriquées avec des matériaux tirés de nos propres forêts.

Après la guerre, peu de propriétaires seront disposés à reconstituer sous sa forme primitive la fortune ainsi gaspillée. Il faut tant d'années avant que le noyer paie en fruits l'argent et la peine qu'il a coûtés! Et il n'est pas exagéré d'évaluer à un demi-siècle l'âge où le bois a une réelle valeur industrielle.

Au premier rang de la tâche à entreprendre, M. Ardouin-Dumazet place la création de noyeraies sur toutes les terres en friche appartenant au domaine public, aux communes, aux établissements d'intérêt public, quand ces terrains se prêtent à la plantation. Disposant d'un avenir infiniment plus long que le simple particulier qui ne peut guère espérer rentrer dans ses débours, ces collectivités s'assurent un revenu important, car la vente des fruits compense largement, au bout de quelques années, les dépenses de pépinières et de plantations.

Pour des entreprises particulières, il faut montrer aux

1. *Annals New-York Acad. of Sciences*, t. XXIV, pp. 171-318; 1915, analysé par E. Huntington dans *The Geographical Review*, t. I, n° 3, pp. 243-244; mars 1916.

propriétaires ruraux que, si modeste qu'elle soit au début, la production des noix a vite remboursé les dépenses. Du reste, l'arbre n'est pas hostile à certaines cultures intercalaires: le maïs en Dauphiné, le topinambour dans les Charentes, les céréales en Bourbonnais s'associent volontiers au noyer. La valeur économique de cet arbre, même dans les premières années, n'a pas échappé aux cultivateurs avisés. Dans le Cher, où l'on avait inconsidérément détruit une multitude de noyers, le Conseil général entretient des pépinières et paie des greffeurs pour doter le pays d'arbres à rendement abondant.

Les administrations publiques doivent prêcher d'exemple. Tous leurs terrains propres au noyer devraient être consacrés à cette essence, en laissant aux terres les plus pauvres le reboisement en résineux. En moins d'un demi-siècle, la France pourrait ainsi constituer un domaine d'une incalculable valeur, grâce à son climat et aux qualités de son sol; elle redeviendrait le grand pourvoyeur de l'Europe pour ce bois utile, que sa rareté fera bientôt passer au rang des bois précieux.

Il en serait de même pour le châtaignier, appelé à disparaître, depuis que la teinture et la tannerie emploient en quantité formidable les extraits tinctoriaux et tanniques tirés de son bois, et dont la disparition est d'autant plus déplorable qu'il croît sur des terrains où rien ne le remplace, comme dans les Cévennes, en Corse ou dans les Pyrénées.

Quant au frêne, il fut toujours utile par sa résistance, la finesse de son grain et son élasticité; on sait quelle importance il a dans la fabrication des manches d'outils et des pièces de charronnage; mais son rôle industriel s'est récemment développé d'une manière imprévue. De tous nos bois, c'est le plus propre, le seul peut-être, à la fabrication des hélices d'aéroplanes, et chaque arbre ne fournit qu'une seule hélice. Tant que l'aviation a été un simple sport, le nombre des frênes en France était largement suffisant pour l'aviation; mais aujourd'hui c'est par milliers que sont construits les avions, et l'on prévoit déjà le moment où il n'y aura plus de frênes aux dimensions requises. Il serait donc sage de préparer dès maintenant les sujets que l'on mettra en œuvre dans une vingtaine d'années et dont la valeur sera alors considérable.

On pourrait étendre ce programme à d'autres essences devenues rares ou même en voie de disparition, et cependant d'une indéniable utilité pour beaucoup d'industries, comme le buis, le cormier ou l'olivier. Il importe de rechercher les moyens propres à reconstituer les richesses perdues de ce chef, en utilisant tous les terrains aptes à donner des arbres dont la disparition serait une véritable catastrophe, et cette tâche doit être entreprise sans retard.

Peut-être faudrait-il la compléter par l'interdiction d'exporter certains bois bruts, tels que le noyer, l'exportation demeurant permise pour les produits manufacturés, comme le meuble. On a aussi envisagé la prohibition de l'abatage, celui-ci n'étant autorisé qu'à la condition de remplacer chaque arbre abattu par un ou deux individus de même essence.

§ 6. — Zoologie

La disparition et la réapparition d'un poisson de mer profonde, le *Lopholatilus chamæleonticeps* (tile-fish). — La Circulaire n° 19 du Bureau des Pêcheries des Etats-Unis donne d'intéressants renseignements sur l'histoire d'un poisson comestible qu'on trouve actuellement au large de la côte atlantique américaine.

La première mention de cet animal paraît due au capitaine Kirby, qui, pêchant près de la ligne de 100 brasses (180 mètres) au sud de Nantucket, captura en mars 1879 plusieurs milliers de livres d'un « poisson étrange et magnifiquement coloré ». Un spécimen fut envoyé à la Commission des Pêches des Etats-Unis, qui le reconnut nouveau et le décrivit sous le nom de *Lopholatilus chamæleonticeps*, à cause de son dos à crête et de sa tête semblable à celle d'un caméléon; mais les pêcheurs lui donnèrent le nom vulgaire de *tile-fish* ou « poisson à carreaux ».

Ce poisson excita aussitôt un grand intérêt, à cause de sa présence en quantités énormes à une faible distance de la côte et de ses qualités comestibles de premier ordre. M. Baird, commissaire des Pêcheries, commença des recherches pour déterminer la situation exacte des fonds fréquentés par le poisson et la possibilité d'établir des pêches régulières; mais, avant d'être arrivé à des résultats, le poisson disparut complètement à la suite d'une perturbation mystérieuse qui se produisit le long du bord du socle continental.

Les premières nouvelles de ce désastre parvinrent en mai 1882 par le rapport d'un capitaine de bateau, annonçant qu'il avait navigué pendant 69 milles au milieu d'une masse de poissons morts ou mourants flottant à la surface de la mer. Les indications d'autres capitaines permirent d'évaluer à 170 milles de longueur et 25 milles de largeur la surface couverte de poissons morts et d'évaluer à 1.400 millions le nombre de « tile-fish » ayant péri.

La cause de cette destruction n'est pas absolument certaine; mais des observations de température de l'eau au fond de la mer, faites par le Bureau des Pêcheries avant et après cet événement, indiquent qu'elle est probablement due à un refroidissement soudain de l'eau. Le *Lopholatilus*, comme la morue, est un habitant des fonds; mais, à l'inverse de celle-ci, il appartient à une famille accoutumée aux eaux chaudes des tropiques. Il trouve une température convenable là où le bord du Gulf Stream touche le fond de la mer, sur une pente aussi raide que celle d'une montagne, et il n'existe, par conséquent, qu'une bande étroite où l'eau n'est ni trop superficielle, ni trop profonde. Or, on sait que le courant chaud du Gulf Stream n'est pas immuable, et qu'il s'approche et s'éloigne périodiquement de la côte des Etats-Unis. Il existe des indices qu'à l'époque de la disparition du « tile-fish », le Gulf Stream était en retrait: en s'éloignant de la côte, sa chaleur n'atteignait plus le fond, et les poissons et autres animaux qui vivaient à cet endroit furent plongés tout à coup dans les eaux plus froides qui prirent sa place. Il est raisonnable de supposer qu'habitués à un climat sous-marin chaud et égal, ils furent tués par le froid qui les enveloppa soudain.

Quelques années plus tard, des recherches montrèrent que le Gulf Stream se rapprochait de nouveau de la côte, et on put prédire qu'en 1892 il baignerait de nouveau les fonds de la côte des Etats-Unis sur lesquels le *Lopholatilus* avait autrefois abondé. Cette prédiction se réalisa, et le bateau du Service des Pêcheries *Grampus*, dans l'été de cette année, captura quelques-uns de ces poissons sur les anciens fonds, alors que des recherches persistantes dans les dix années précédentes n'avaient pas permis d'en découvrir un seul. Evidemment le retour des conditions favorables avait provoqué l'émigration du poisson des régions où la mortalité n'avait pas été aussi complète, probablement beaucoup plus au Sud le long de la côte.

Depuis lors, chaque année le nombre de ces poissons a augmenté progressivement sur leurs anciens lieux de séjour, et actuellement ils paraissent aussi nombreux qu'autrefois. Le Bureau des Pêcheries pense qu'ils pourront alimenter une pêche étendue; dans ce but, il vient de publier une carte indiquant la position des fonds où le *Lopholatilus* existe en grandes quantités, et il poursuit actuellement des recherches sur les possibilités économiques de cette pêche.

Ce poisson, étant données ses hautes qualités comestibles, se vendra facilement à l'état frais sur les marchés des états américains de la côte de l'Atlantique; il est excellent aussi lorsqu'il a été légèrement salé et fumé, et l'excédent de la pêche pourra être préparé sous cette forme. Comme sous-produits, les vessies ont une certaine valeur, car elles sont de grandes dimensions.

LE PROBLÈME
DE L'ORIGINE CHIMIQUE DU RAYONNEMENT SOLAIRE

Parmi les nombreux problèmes cosmogoniques dont la solution définitive est encore à trouver, celui de l'origine du rayonnement solaire a été un des plus controversés. Il est aussi un de ceux que le chimiste peut s'autoriser à étudier d'un peu plus près, puisque les astronomes eux-mêmes, à côté de théories mécaniques ou purement physiques, en ont proposé d'autres faisant intervenir les phénomènes chimiques.

Une étude de ce genre impose naturellement une certaine prudence, du fait que l'on est amené, par la force des choses, à étendre à un domaine inaccessible à l'expérience directe des lois et règles bien vérifiées dans des intervalles de températures et de pressions relativement limités. Il nous paraît cependant que, malgré cet inconvénient, les théories physico-chimiques modernes peuvent être, parallèlement aux autres, consultées avec fruit dans la recherche d'une solution acceptable de la question, sous la réserve, de rigueur, bien entendu, de découvertes ou faits nouveaux venant modifier plus ou moins profondément les conclusions auxquelles on a abouti. C'est en nous plaçant à ce point de vue que nous nous proposons de discuter le problème posé par le titre de cet article et dont nous rappellerons d'abord les termes[1].

Le rayonnement du Soleil est tellement puissant que chaque gramme de son énorme masse perd annuellement près de deux calories. A ce compte, même en attribuant à la matière solaire une chaleur spécifique très forte et une température moyenne très élevée, le refroidissement complet de cet astre aurait dû s'accomplir en quelques milliers d'années au maximum. Or, comme le rayonnement s'est effectué sans changement apparent pendant l'époque historique et pendant une très grande partie des temps géologiques, force nous est d'admettre que « notre Soleil, dans son compte débiteur et créditeur, ne se trouve pas seulement avoir un côté dépenses, mais également un côté recettes, sensiblement équivalent », comme le dit si bien Arrhenius.

I. — Principales théories proposées

R. Mayer a supposé que le rayonnement est entretenu par la chute continuelle de météorites; mais son hypothèse conduit à des valeurs beaucoup trop faibles, et se heurte, en outre, à des objections astronomiques insurmontables.

Helmholtz, puis lord Kelvin, ont cherché cette origine dans la contraction du Soleil, contraction qui entraîne un travail positif de la gravitation. Les calculs de ces deux savants ne permettent pas de fixer à plus d'une cinquantaine de millions d'années l'époque passée durant laquelle le Soleil aurait illuminé la Terre; ce chiffre a paru encore insuffisant aux géologues.

Arrêtons-nous un peu plus longtemps aux hypothèses qui font intervenir des réactions chimiques et qui rentrent mieux dans le cadre de cet article. Pour bien comprendre les exigences du problème, il faut se rappeler, à ce propos, qu'un bloc de charbon de masse égale à celle du Soleil serait consumé en moins de cinq mille ans, s'il devait alimenter, par sa transformation en acide carbonique, le rayonnement solaire. En présence de cette constatation, il devient évidemment difficile de chercher, dans les phénomènes courants de la Chimie, une explication qui satisfasse l'esprit. Néanmoins, l'astronome Faye, en 1877, a essayé d'édifier une théorie sur ces bases. Il suppose qu'à l'intérieur du Soleil, en raison des températures très élevées, tous les corps sont à l'état élémentaire. Arrivant à la surface, ces éléments entrent en de multiples combinaisons en produisant un dégagement continu de chaleur. Mais, indépendamment des valeurs trop faibles qu'elle fournit, on a fait encore deux objections capitales à cette hypothèse : 1° si des masses d'éléments arrivent continuellement à la surface, il faut bien prévoir également le retour des éléments combinés vers les parties centrales, retour accompagné d'une dissociation et d'une absorption d'énergie en quantité égale à celle mise en liberté lors de la combinaison; 2° l'existence de composés à la surface du Soleil est en désaccord avec les observations d'après lesquelles l'atmosphère solaire est constituée par des éléments. On pourrait encore invoquer contre cette théorie que l'énorme viscosité des parties centrales doit s'opposer à cette continuelle circulation des matières.

Dernièrement enfin, à la suite de la découverte des substances radio-actives et de l'étude de leurs propriétés, on a pensé que le dégagement d'énergie solaire se faisait en partie aux dépens d'une réserve de substances radio-actives

1. Cf. sur ce sujet les belles : *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques* de H. Poincaré. Paris 1911, et les deux ouvrages d'Arrhenius : Lehrb. d. Kosm. Physik, Leipzig, 1903; *L'évolution des mondes*, Paris. 1910.

accumulées dans la masse solaire. D'après ce que l'on sait du radium, il suffit, en effet, que chaque kilogramme de cette masse renferme deux milligrammes de radium, pour que le rayonnement soit alimenté sans autre perte. Cette explication ne paraît pas non plus acceptable à Arrhenius [1], car, selon lui, elle implique que de la chaleur se crée de rien ou que le radium reçoit de l'espace une radiation quelconque qu'il absorbe, puis transforme en chaleur. Faisons remarquer ici que le radium a une vie limitée : d'après les estimations récentes, il perd la moitié de son activité en près de 1700 ans.

Frappé par l'insuffisance de ces diverses explications, Arrhenius s'est mis à la recherche d'une autre source de l'énergie solaire, et, s'inspirant des règles de la Mécanique chimique, il a imaginé une théorie dont nous indiquerons ici les principaux traits.

Dans les parties périphériques du Soleil, la matière est à l'état élémentaire, tandis que dans les profondeurs se trouvent des combinaisons, comme le prouve l'observation spectroscopique des taches solaires. Or, à mesure que l'on s'enfonce dans l'intérieur de l'astre, les températures et les pressions s'élèvent jusqu'à atteindre respectivement l'ordre de grandeur de 6.10^6 degrés et 10^{10} atmosphères ; dans ces conditions, la substance, bien que gazéiforme, doit être fortement visqueuse.

Au sujet de l'état gazeux, admis par Arrhenius pour les corps aux températures et pressions très élevées, il convient d'ouvrir ici une parenthèse. On sait qu'il existe une température dite critique, caractérisant chaque liquide, et à partir de laquelle celui-ci se vaporise toujours, quelque élevée que soit la pression exercée sur lui. Les températures critiques des corps les moins volatils ne dépassant probablement pas 10.000° — la température critique attribuée au platine est de 7.000° environ — on pourrait conclure, à première vue, qu'au-dessus de cette température tous les corps sont nécessairement gazeux. Cependant, cette nécessité ne s'impose pas, car il se peut qu'une substance subsiste encore à l'état solide à des températures supérieures au point critique liquide-gazeux.

Effectivement, on a constaté ce phénomène pour le chlorure de phosphonium et pour l'acide carbonique. Le premier de ces corps, que M. Ch. Ed. Guillaume a bien voulu nous signaler, existe encore à l'état solide à 102°4 (Tammann), c'est-à-dire au-dessus de la température critique du liquide (49°, 1). Mais ce composé étant dissocié en phase gazeuse (Briner), et probablement aussi en phase liquide, il subsiste un doute au sujet de l'assimilation de son point critique à celui d'un corps pur. Le doute est complètement levé par les essais effectués récemment sur l'acide carbonique (Bridgman). Soumis à des pressions supérieures à 6.000 atm., cet acide présente, en effet, des points de solidification qui se trouvent au-dessus de la température critique (31°). Il faut donc admettre que la matière peut exister à l'état solide à l'intérieur du Soleil, malgré les hautes températures qui y règnent. Il reste à savoir si, chose qu'il sera sans doute difficile de vérifier, les fortes pressions s'exerçant dans le Soleil seront capables de contrebalancer l'action de ces hautes températures au point de rendre possible l'état solide.

En se plaçant à un autre point de vue, si le globe solaire est une masse solide portée à l'incandescence, on aurait, ainsi que l'idée en a été émise [1], une explication immédiate et facile du spectre continu qu'il fournit. Remarquons toutefois que la continuité du spectre n'implique pas nécessairement l'existence d'un état solide ou liquide, car les gaz à des températures suffisamment élevées, pris sous une grande épaisseur ou sous de fortes pressions, — conditions réalisées dans le Soleil — peuvent aussi donner lieu à des spectres continus. D'ailleurs, plusieurs théories du Soleil, à commencer par celle si ingénieuse du Père Secchi, puis d'autres plus modernes, sont basées sur un état entièrement gazéiforme de la substance solaire.

Reprenons maintenant l'exposé des idées d'Arrhenius : aux températures et pressions élevées qui règnent à l'intérieur du Soleil, il doit se produire, selon les principes de la Thermodynamique, des corps dont la formation est accompagnée d'une absorption de chaleur et d'une contraction. A ce propos, Arrhenius mentionne les corps endothermiques suivants, avec leur chaleur de formation : ozone (-36200 cal.), protoxyde d'azote (-18000), oxyde d'azote (-21000), anhydride nitreux (-6800), peroxyde d'azote (-7700), sulfure de carbone (-28700), cyanogène (-71000), sulfure d'azote (-31900) et sulfure de sélénium (-46200) : il cite aussi les combinaisons du chlore avec l'azote, et de l'hydrogène avec le soufre. Outre ces corps à constitution relativement simple, il s'en formera d'autres, qui, en raison des températures très élevées, seront doués d'une endothermicité incomparablement plus grand encore.

1. *L'évolution des mondes*, p. 76.

1. *Rev. scientific.*, p. 528, 1915.

Arrhenius conclut alors : « Il faut donc nous rendre compte que, dans la partie centrale du Soleil, il existe des corps qui, ramenés à la surface, se dédoubleront, se décomposeront avec une grande libération de chaleur et une grande augmentation de volume. Il faut les considérer comme des explosifs d'une puissance énorme, en comparaison desquels la dynamite et les picrates ne sont que des joujoux. Des phénomènes de ce genre seraient capables d'alimenter le rayonnement solaire pendant des milliards et même des trillions d'années. »

II. — Discussion de la théorie basée sur la destruction des composés dits endothermiques

La théorie proposée par Arrhenius est sans doute fort séduisante, et l'on comprend qu'elle ait obtenu un certain succès dans les milieux scientifiques autorisés. Cependant, elle ne nous paraît pas conciliable avec les vues, fondées sur les recherches modernes, que nous avons eu l'occasion de développer dans plusieurs mémoires récents[1]. Nous la discuterons en partant de ces vues, et de cette discussion résulteront des indications sur la voie à suivre pour trouver une solution chimique du problème posé.

Une objection capitale se présente dès l'abord à l'esprit, à propos des composés endothermiques cités en exemple : c'est que les valeurs indiquées de leur chaleur de formation se rapportent aux conditions ordinaires de température et de pression et non pas aux conditions réalisées dans le Soleil. De là nécessairement une cause d'erreur qui entache le point de départ de la théorie.

Considérons notamment les corps endothermiques formés à partir d'éléments solides ou liquides à la température ordinaire (sulfure de carbone, cyanogène, etc.); leurs chaleurs de formation, rapportées aux éléments gazeux, seraient naturellement beaucoup plus grandes que les valeurs indiquées, au point même que ces composés pourraient être exothermiques à partir des éléments pris à l'état gazeux moléculaire. Pour le sulfure de carbone, par exemple, en raison de la forte chaleur de vaporisation du carbone, il est plus que probable que la chaleur de formation, à partir des molécules gazeuses de soufre et de carbone, possède une valeur positive.

Allant plus loin, envisageons le cas général d'un système gazeux soumis à des températures croissantes, la pression restant constante. Si les températures sont suffisantes, les molécules des éléments subiront la dissociation en atomes, et l'on aura de plus en plus à compter avec la formation des combinaisons, non plus à partir des molécules, mais à partir des atomes. Les recherches modernes ont montré que cette dissociation, pour la plupart des éléments, est déjà appréciable et mesurable à des températures élevées sans doute, mais encore accessibles à l'expérience, et que, de plus — conséquence d'ailleurs naturelle — elle absorbe des quantités de chaleur considérables. Le tableau ci-dessous contient, pour quelques éléments les plus courants, les coefficients de dissociation α et les chaleurs A absorbées par la dissociation d'une molécule-gramme; A représente aussi la chaleur de formation de la molécule-gramme à partir des atomes.

Eléments	Températures	α en °/.	A en calories
Iode	1390°	66	36800
Brome	1050°	6	57000
Chlore	1670°	1	113000
Soufre	2177°	50	120000
Hydrogène	2727°	6	90000

La chaleur de formation de la molécule d'oxygène a été trouvée égale à 160.000 calories ; celle de la molécule d'azote est inconnue, mais elle dépasse probablement de beaucoup la valeur 150.000 cal. Faisons remarquer, à propos de l'azote, que la stabilité de sa molécule fournit une explication immédiate de son inertie. Celle-ci ne peut être comparée à celle des gaz rares de l'atmosphère (argon, hélium, etc.), dont l'atome même est dénué d'affinité ; ce n'est pas le cas de l'atome d'azote, qui entre en de multiples combinaisons, alors que toutes les tentatives de faire réagir l'hélium et l'argon ont échoué.

Quelles conséquences peut-on tirer de ces chiffres au point de vue de l'équilibre chimique? La première, c'est qu'à partir des atomes, tous les composés sans exception sont exothermiques. Montrons-le en calculant, à titre d'exemple, la chaleur de formation à partir des atomes du composé « endothermique » oxyde d'azote. Basons-nous sur l'équation thermochimique usuelle :

$$N^2 + O^2 = 2NO - 42000 \text{ cal.},$$

mais en considérant, ainsi qu'on doit le faire dès que les atomes interviennent, les molécules d'éléments comme des combinaisons d'atomes et en leur attribuant une chaleur de formation. Utilisant les chaleurs de formation de O^2 et N^2, déjà indiquées, 160.000 et 150.000 cal. (celle-ci étant sans doute un minimum), on obtient, par application de la règle de Hess, pour la chaleur de formation d'une mol.-gr. de NO à partir des atomes, une valeur de l'ordre de grandeur de + 140.000 cal., alors que, à partir des molécules,

(1) *C. R.*, t. CLV, p. 1149 (1912), et t. CLVII, p. 281 (1913); *J. Chim. phys.*, t. XII, p. 109 (1914), et t. XIII, p. 465 (1915).

cette chaleur est de — 21.000 cal. Pour la mol.-gr. d'ozone, un calcul semblable conduit aux valeurs suivantes : chaleur de formation, à partir des atomes + 200.000 cal., à partir des molécules — 30.000 cal.

Une deuxième conséquence, qui découle d'ailleurs de la première, est que, par élévation suffisante et continue de la température, la concentration des composés, dits endothermiques, loin d'augmenter indéfiniment, ainsi qu'on l'avait prétendu, finira par diminuer graduellement, comme celle des autres composés. Reprenons, pour préciser ce point, l'exemple de l'oxyde d'azote. Le principe de l'équilibre mobile, qui s'exprime analytiquement par la relation :

$$\frac{d\ln K}{dT} = -\frac{Q}{RT^2}$$

(où K désigne une quantité qui croît avec la concentration du composé, T la température, Q la chaleur de formation, R une constante), nous indique que l'élévation de température favorise la réaction accompagnée d'une absorption de chaleur. Dans les régions de température où les molécules N^2 et O^2 ne subissent pas la dissociation d'une façon appréciable, on aura surtout à considérer la formation de NO à partir des molécules, qui est endothermique, et, Q étant négatif, la concentration de l'oxyde s'élèvera en même temps que la température. Mais celle-ci devenant suffisante pour entraîner une dissociation sensible des molécules d'azote et d'oxygène, la réaction de formation à partir des atomes N et O tendra de plus en plus à prédominer et, comme elle est fortement exothermique (Q positif), l'élévation de température favorisera la réaction inverse, c'est-à-dire la destruction de l'oxyde d'azote en atomes. Les températures capables de réaliser un pareil état de choses, à la pression d'une atmosphère environ, n'atteignent pas des valeurs aussi grandes qu'on pourrait le croire ; d'après le tableau précédent, elles sont sans doute inférieures à celles (6000-8000°) qui règnent à la périphérie du Soleil. Pour l'hydrogène, par exemple, on peut évaluer à 99 % la proportion de molécules dissociées aux températures de l'ordre de grandeur de 6000°.

Ainsi donc, contrairement à l'opinion sur laquelle Arrhenius a fondé en partie sa théorie, par accroissement de la température seule les combinaisons finiront toutes par se dissocier; aux températures très élevées, les réactions endothermiques possibles seront non pas des formations, mais des destructions de combinaisons, et les milieux réalisés, loin d'être complexes, seront constitués uniquement par des éléments à l'état atomique.

Examinons maintenant le rôle d'une forte compression. Celle-ci, toujours d'après le principe de l'équilibre mobile, favorisera les réactions accompagnées d'une contraction de volume, soit, en conséquence, la formation de combinaisons à partir des atomes. Elle agira en sens inverse de l'accroissement de température et rendra possible, même aux températures très élevées si elle est suffisante, l'existence de molécules d'éléments ou de composés. Pour fixer les idées sur l'ordre de grandeur des pressions capables de compenser l'effet de hautes températures déterminées, nous donnons ci-après quelques valeurs relatives à la dissociation de la molécule d'hydrogène. Elles sont tirées d'une formule, elle-même déduite de l'équation générale :

$$\frac{1}{\alpha^2} - 1 = \frac{K e^{\frac{Q}{RT}} p}{T},$$

caractérisant la dissociation d'une molécule biatomique. Il n'est pas question naturellement de demander à une expression de ce genre, éprouvée dans des intervalles peu étendus de pression et de température, des précisions pour les conditions extrêmes que nous envisageons. Cependant, la forme de cette équation reposant sur les principes de la Thermodynamique, il semble permis de l'interroger pour obtenir tout au moins une première idée sur l'influence relative des facteurs pression et température, surtout s'il s'agit de l'hydrogène, qui suit particulièrement bien les lois des gaz parfaits.

	$p = 1$ atm.	T = 6000°	
T	α en %	p en atm.	α en %
3000	6	10	80
4000	25	100	53
5000	92	1000	19
6000	99	100000	2

A 6000° et sous 100000 atm., l'hydrogène se trouverait donc pour la plus grande partie à l'état moléculaire, et s'il obéissait à cette même règle jusqu'aux pressions et températures réalisées au centre du Soleil, sa dissociation y atteindrait a peu près 10 %.

Sans insister plus longtemps sur l'obtention, pour d'autres éléments ou combinaisons, de valeurs numériques, toujours sujettes à caution, nous nous bornerons à conclure que, à l'intérieur du Soleil, grâce uniquement aux pressions très élevées qui y règnent, l'existence de systèmes très complexes, renfermant atomes et molécules de corps simples ou composés, peut être considérée comme possible. Mais, comme cela résulte de ce qui précède, il n'y a aucune raison

pour que les milieux ainsi réalisés ne comportent que des composés « endothermiques ». Remarquons même que les seuls composés dont Arrhenius signale l'identification dans les profondeurs des taches solaires sont les hydrures de magnésium et de calcium et l'oxyde de titane, qui sont exothermiques déjà à partir des éléments pris à l'état ordinaire.

Quoi qu'il en soit, admettons, contre toutes probabilités, que le milieu central du Soleil soit constitué surtout par des combinaisons endothermiques, et examinons le sort qui peut échoir à l'une d'entre elles, soit, pour fixer les idées, une molécule d'ozone. Supposons d'abord qu'elle passe du centre à la périphérie. Arrivée dans les zones superficielles, où les températures sont de l'ordre de 6000° à 7000° et les pressions de quelques atmosphères, elle se résoudra entièrement en atomes, et, de ce fait, la transformation de la molécule-gramme absorbera 200000 cal. environ. Ce n'est que beaucoup plus loin, dans les régions plus froides de l'atmosphère solaire, que ces atomes, s'ils y parviennent, se regrouperont en molécules d'oxygène en dégageant 240000 cal. Un tel processus se traduit par un gain net, bien faible, d'une trentaine de mille calories et aboutirait à un refroidissement intense et rapide du globe aux dépens des zones très éloignées. Outre cette conséquence de l'exothermicité des combinaisons à partir des atomes, qui rend une explication de ce genre peu plausible, il faudrait, de plus, admettre un apport continuel de substances de l'intérieur à l'extérieur, avec formation, dans les régions froides extérieures, de corps plus ou moins complexes ; or cette circonstance a été déjà considérée comme un des points faibles de la théorie proposée par Faye. Il n'y aurait dégagement d'énergie sur place, à l'intérieur du Soleil, que si la décomposition de la molécule d'ozone s'arrête à la production de molécules d'oxygène. Une telle réaction implique des conditions bien spéciales de pression et de température et ne procure, par le fait qu'elle met en jeu seulement des molécules, qu'un dégagement de chaleur (30.000 cal.) tout à fait insuffisant en regard des valeurs exigées.

Pour ces motifs — il en existe encore d'autres résultant d'une discussion plus approfondie des relations de la Mécanique chimique — il faut conclure que : *une théorie fondée seulement sur la destruction de combinaisons endothermiques accumulées en grandes masses à l'intérieur du Soleil, n'élucide pas, d'une façon conforme à nos connaissances actuelles, le problème de l'origine du rayonnement solaire.*

III. — D'autres phénomènes chimiques peuvent-ils servir de base a une théorie

Les considérations développées plus haut nous conduisent à chercher une participation des phénomènes chimiques au rayonnement solaire sous la forme, non pas de destruction de combinaisons endothermiques, mais de synthèses de molécules d'éléments ou de composés.

Si, dans cette recherche, on continue à se placer sur le terrain de nos connaissances, il est permis d'assimiler l'intérieur du Soleil, grâce aux pressions et températures élevées qui y règnent, à un système en équilibre, renfermant atomes et molécules plus ou moins complexes. Dans un tel système, tout refroidissement sera suivi d'un déplacement de l'équilibre avec formation de molécules d'éléments et de composés à partir des atomes, réactions beaucoup plus riches en énergie que la réduction de combinaisons endothermiques en molécules. Comme composés, on peut compter sur la présence dans le Soleil de beaucoup de ceux que nous connaissons. En effet, le coronium, corps caractéristique de la couronne solaire, mis à part, la plupart des éléments terrestres se trouvent représentés dans le globe solaire ; en particulier, l'existence de l'oxygène, élément qui fournit des combinaisons si exothermiques, ne fait plus de doute. Rappelons, à ce propos, l'identification dans les taches solaires de combinaisons, hydrures et oxydes métalliques, déjà exothermiques aux températures et pressions ordinaires.

Le mécanisme du phénomène chimique, provoqué par le refroidissement, comporte une libération graduelle d'énergie, ce qui explique bien la continuité et la régularité du rayonnement solaire. Reste à examiner si les quantités de chaleur, mises en œuvre par le travail de l'affinité chimique effectué dans ces conditions, sont suffisantes pour rendre compte de la persistance de ce rayonnement durant les longues époques géologiques.

Nous avons déjà indiqué qu'un bloc de charbon de masse égale à celle du Soleil ne pouvait, par sa combustion, alimenter l'émission d'énergie solaire que pendant 5.000 ans à peine. Il s'agit là, il est vrai, d'une réaction entre molécules, dont la tonalité thermique est plus faible que celle des réactions à partir des atomes. Cette dernière tonalité, qui n'avait pas été prise en considération auparavant, peut être calculée maintenant à l'aide des données récentes, déjà citées, sur la dissociation des molécules d'éléments. Voici, pour quelques composés, les résultats de nos

calculs mis en regard des tonalités thermiques usuelles :

	Chaleurs de formation à partir des molécules par mol. gr.	par gr.	Chaleurs de formation à partir des atomes par mol. gr.	par gr.
HCl	22.000 cal.	600 cal.	144.000 cal.	4.000 cal.
HBr	12.400	150	106.000	1.300
HI	1.450	11	85.000	700
NH^3	12.000	700	250.000	14.000
NO	— 21.000	— 700	150.000	5.000
O^3	— 30.000	— 600	200.000	4.500
H^2	0	0	90.000	45.000

D'après ce tableau, les chiffres qui caractérisent les réactions entre atomes sont de beaucoup supérieurs à ceux que nous sommes habitués à chercher dans les tables thermo-chimiques et qui se rapportent aux formations à partir des molécules; mais ils sont encore infiniment loin de satisfaire aux exigences du problème. Si nous prenons, par exemple, le système constitué par des atomes libres d'hydrogène qui, de tous les systèmes chimiques imaginables actuellement, nous paraît renfermer le plus d'énergie disponible (45.000 cal. par gr.; nitroglycérine 1.500 cal.; mélange tonnant, 3.800 cal.), son énergie potentielle ne dépasse guère plus de vingt fois celle contenue dans le système carbone-oxygène, déjà cité en exemple. Or, en adoptant pour la durée du rayonnement solaire la valeur d'un milliard d'années, qui est sans doute un minimun, il faut, pour subvenir à ce rayonnement, que la réserve accumulée dans un gramme atteigne deux milliards de calories, soit près de 50.000 fois l'énergie contenue dans un gramme d'hydrogène atomique.

On pourrait supposer, en dernier ressort, que, grâce aux pressions très élevées, il se produit dans le Soleil des corps extrêmement complexes; mais, ainsi que nous l'enseigne l'expérience, l'accolement des molécules de composés simples, aboutissant à la formation de complexes, dégage des quantités de chaleurs tout à fait minimes.

Ainsi donc, aucune manifestation de l'affinité chimique, actuellement connue, ne comporte une émission d'énergie approchant même de très loin la valeur exigée.

Nous nous trouvons par suite fatalement réduits, dans la recherche d'une théorie purement chimique[1], à pénétrer dans le domaine de l'hypothèse. Et là, à défaut d'une explication fondée sur des données précises, les considérations exposées dans ce chapitre nous fourniront tout au moins une base d'orientation. Celle-ci consiste à supposer, chose possible et même probable, que l'atome n'est pas le dernier stade de la dissociation moléculaire opérée par voie thermique[1]. Les quantités d'énergie mises en œuvre dans ces dissociations seront naturellement d'autant plus fortes qu'elles s'effectueront à des températures plus élevées, de même que les chaleurs de réaction entre atomes sont plus grandes que celles caractérisant les réactions entre molécules, qui sont seules accessibles à nos procédés usuels de mesure directe. Il est possible d'imaginer ainsi pour deux corps simples A et B, et à partir des éléments successifs de la dissociation de leurs molécules — de leurs « proto-atomes », comme on pourrait les appeler — toute une série de réactions endothermiques aboutissant à la combinaison A et B :

proto-atome A_1 > proto-atome A_2 >
...atome A > molécule A
proto-atome B_1 > proto-atome B_2 >
...atome B > molécule B
> composé AB

L'intérieur du Soleil, s'il comporte de ces proto-atomes, réaliserait bien, comme c'est le cas pour le système déjà étudié, renfermant des atomes libres, un réservoir d'énergie accumulée sous forme chimique et disponible graduellement au fur et à mesure des besoins, le refroidissement favorisant des réactions qui seront alors caractérisées par un terme Q de l'équation d'équilibre positif et très grand. Mais, au point de vue de la quantité, il faudrait, rappelons-le encore une fois ici, que la tonalité thermique des réactions à partir des proto-atomes fût cinquante mille fois supérieure à celle de la réaction chimique la plus riche en énergie connue actuellement. Il faudrait, autrement dit, qu'un gramme de matière, se trouvant à l'état proto-atomique dans le Soleil, renfermât une réserve d'énergie de l'ordre du milliard de calories. Ce chiffre, qui eût paru inadmissible à cause de son énormité, il y a quelques années, fera moins d'impression maintenant que l'on est au courant des quantités fabuleuses d'énergie mises en liberté dans la désintégration atomique des éléments radio-actifs. Sous cette dernière forme, il nous semble que les phénomènes chimiques pourraient participer, en une mesure non négligeable, à l'entretien du rayonnement solaire.

E. Briner,
Docteur ès sciences,
Privat-Docent à l'Université de Genève.

1. Les vues émises tout récemment sur la nature de la matière et de l'énergie font entrevoir d'autres solutions qui relèvent plutôt du domaine de la Physique mathématique et dont l'exposé sortirait par conséquent du cadre de cet article.

1. Il convient de rappeler à ce propos les conceptions de Sir N. Lockyer, qui, à la suite de recherches spectroscopiques, croit pouvoir conclure à la dissociation aux températures très élevées des métaux en « proto-métaux », caractérisés par des raies spéciales « proto-métalliques ». La théorie de ce savant sur la genèse et l'évolution des étoiles repose en partie sur l'intervention de ces proto-métaux. (Sir N. Lockyer : *L'Evolution inorganique*, Paris, 1905).

LES PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA CONSTRUCTION DU NAVIRE

LA RÉSISTANCE DES COQUES ET L'AGENCEMENT GÉNÉRAL DE LA CHARPENTE

Dans la plupart des ouvrages se rapportant à la construction du navire, on néglige d'exposer les principes de la résistance des matériaux qui servent de bases à cette branche de l'art de l'ingénieur. Il en résulte que les différents modes de construction proposés s'appuyent plus sur la tradition que sur les résultats de l'expérience et de la théorie. L'étude qu'on va lire a pour but d'exposer succinctement les données qui peuvent et doivent servir de base à la construction du navire, d'indiquer quelques règles de construction qui en découlent et de montrer leur application à un cas particulier.

I. — Introduction

Par la substitution du fer et de l'acier au bois, les conditions de la construction du navire ont été complètement changées. Malgré cela, on a, pendant bien longtemps, continué à se servir des règles qu'on avait établies au cours des siècles pour la construction en bois, avec des modifications dans le détail nécessitées par les propriétés de nouveaux matériaux de construction. Les grandes lignes restaient les mêmes. Ce n'est qu'en 1858 qu'un Français, Brunel, a entrevu, avec cette intuition qui caractérise le génie, le changement qu'il fallait introduire dans les bases même de la construction navale. En collaboration avec l'Anglais Scott Russel, Brunel a réussi à construire le fameux *Great Eastern*, qui encore maintenant peut servir d'objet d'étude aux ingénieurs désirant approfondir les principes de la construction navale. Il est intéressant de noter que Brunel n'était pas un ingénieur naval et que, par conséquent, il n'avait pas de traditions qui auraient pu l'empêcher de bien saisir les conditions nouvelles.

A côté des influences historiques, d'autres raisons ont entravé le développement rationnel de la construction navale.

Les problèmes de résistance, relativement simples dans la construction des machines et des ouvrages civils, sont fort complexes dans la construction navale. Ceci expliquerait pourquoi la construction des machines a pu, dès le début, s'appuyer sur la base solide de la résistance des matériaux, déduite elle-même d'un petit nombre de faits expérimentaux. Ce n'est que quand la résistance des matériaux a atteint un certain développement qu'on a pu, en la *complétant*, s'en servir pour les besoins de la construction navale. Nous commencerons donc par l'exposition de ces *compléments* de la résistance des matériaux qui servent actuellement de base à l'étude de la résistance des coques.

II. — Plaque mince rectangulaire encastrée sur son pourtour et chargée uniformément.

L'étude des plaques rectangulaires encastrées sur leur pourtour présente de grandes difficultés théoriques. C'est ce qui explique qu'on ne soit pas encore arrivé à établir une formule théorique pour le calcul de ces plaques. Néanmoins, les nombreuses expériences effectuées principalement par M. Bach [1] et par l'Office impérial de la Marine [2] en Allemagne et par la Marine des Etats-Unis [3] permettent d'établir une formule expérimentale grâce à laquelle on peut se rendre compte de la manière dont se comporte une plaque mince dans les conditions indiquées.

Soient a le côté court et b le côté long d'une plaque mince rectangulaire encastrée sur son pourtour (fig. 1). Soit p la charge uniforme par unité de surface. Considérons une bande AA de 1 cm. de largeur située au milieu de la plaque. Si on néglige l'action de l'encastrement des côtés courts, on peut assimiler la bande AA à une poutre encastrée à ses extrémités et chargée uniformément. Dans ces conditions, le moment fléchissant maximum aura lieu en A et sera égal à $\frac{pa^2}{12}$.

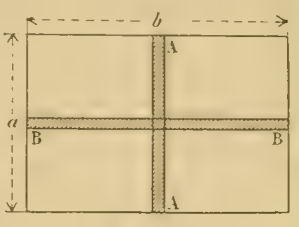


Fig. 1.

Dans ces mêmes conditions, le moment fléchissant maximum pour une bande BB de 1 cm. de largeur située au milieu de la plaque aura lieu en B et sera égal à $\frac{pb^2}{12}$.

En prenant ces deux valeurs comme termes de comparaison et en se servant des résultats des expériences citées plus haut, on arrive aux conclusions suivantes :

1° La charge *maxima* a lieu à l'encastrement *au milieu du côté long;* la charge au milieu de la

1. Versuche über die Formänderung... ebener Wandungen. *Zeitschr. des Vereines deutsch. Ingenieure*, 1908, nos 45 et 47.
2. F. Pietzker : Festigkeit der Schiffe, 1914.
3. W. Hovgaard : Structural Design of Warships, 1915.

plaque n'égale pas la moitié de la charge maxima ;

2° Si $a : b$ est *supérieur* à 1 : 3, le moment fléchissant à l'encastrement au milieu du côté long est égal à $\frac{pa^2}{12}$.

3° Si $a : b$ est *inférieur* à 1 : 3, le moment fléchissant à l'encastrement au milieu du côté *long* est égal à $K_A \frac{pa^2}{12}$, où K_A est un facteur dont la valeur dépend du rapport $a : b$ et est donnée par le tableau suivant :

$a : b$	K_A	$a : b$	K_A
1 : 2,5	0,99	1 : 1,4	0,86
1 : 2	0,96	1 : 1,2	0,79
1 : 1,8	0,94	1 : 1	0,64
1 : 1,6	0,91		

4° Le moment fléchissant à l'encastrement au milieu du côté *court* est égal à $K_B \frac{pb^2}{12}$, où K_B est un facteur dont la valeur dépend du rapport $a : b$ et est donnée par le tableau suivant :

$a : b$	K_B	$a : b$	K_B
1 : 2,5	0,03	1 : 1,4	0,22
1 : 2	0,06	1 : 1,2	0,38
1 : 1,8	0,09	1 : 1	0,64
1 : 1,6	0,14		

5° La distribution des charges le long des côtés de la plaque est indiquée par la figure 2.

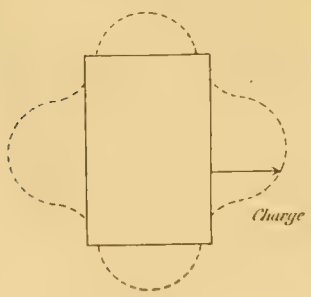


Fig 2.

Aux coins, le moment fléchissant semble avoir un signe contraire et tendre à soulever la plaque.

Pour se rendre compte de la façon dont varie le facteur K_A, on peut tracer une courbe en portant en ordonnées K_A et en abscisses $a : b$. La courbe obtenue est représentée par la figure 3.

III. — Plaque mince chargée debout et encastrée a ses extrémités

Les expériences effectuées par M. Karman[1] sur des prismes chargés debout ont montré que les formules d'Euler peuvent être appliquées dans les cas où les dimensions transversales du prisme sont petites par rapport à leur longueur. Si on appelle P la charge critique totale, on aura pour un prisme remplissant les conditions indiquées et encastré à ses extrémités :

$P = \frac{4\pi^2 E\ I}{l^2} = \frac{4\pi^2 E\ S}{\frac{(l)^2}{(r)}}$, où r est le rayon de g-ration de la section transversale.

Supposons maintenant qu'il s'agisse d'étudier une plaque mince encastrée à ses extrémités et chargée debout. Considérons une bande AA de 1 cm. de largeur (fig. 4). On peut l'assimiler à un prisme chargé debout et appliquer la formule d'Euler pour le calcul de la charge critique. En appelant μ le rapport $\frac{l}{e}$, où l est la longueur de la plaque et e son épaisseur, et remarquant que, pour la plaque, $r^2 = \frac{l^2}{12}$, on aura :

$$P = \frac{4\pi^2 E\ e}{12\,\mu^2}, \text{ d'où } p = \frac{4\pi^2 E}{12\,\mu^2},$$

où p est la charge critique par unité de surface. Avec $E = 2{,}1 \times 10^6$, on a :

pour $p = 700$ kg/cm² (acier doux)

$\mu = 100$

pour $p = 1.000$ kg/cm² (acier à haute résistance)

$\mu = 83$

d'où $l = 100e$ resp. $83e$

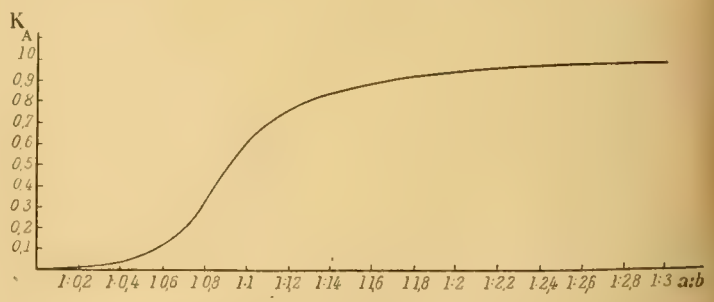


Fig. 3. — *Courbe donnant la variation de* K_A *en fonction du rapport* $a : b$.

Pour se rendre compte de la façon dont varie μ avec p, on peut tracer une courbe en portant p en ordonnée et μ en abscisse. C'est ainsi qu'a été obtenue la courbe de la figure 5.

1. Th. Karman : Untersuchungen über Knickfestigkeit. *Mitt. über Forschungsarb. auf d. Geb. d. Ingenieure*, 1910.

Considérons maintenant le cas où μ dépasse la limite calculée plus haut. Soit, par exemple, dans le cas de l'acier doux, $\mu > 100$.

La plaque flambera avant que la charge ait atteint sa valeur critique. Il faudra donc dans ce cas renforcer la plaque longitudinalement par une barre profilée. De cette façon, une certaine portion de la plaque des deux côtés de la barre se trouvera renforcée. En se basant sur des expériences effectuées par le Dr Bruhn [1], on peut évaluer cette portion à $50e$ en tout, ou à $25e$ de chaque côté de la barre dans le cas d'une barre unique. S'il y a *plusieurs barres* longitudinales, M. W. Hovgaard [2] conseille d'évaluer la portion renforcée à $80e$ en tout ou à $40e$ de chaque côté.

(Il ne faut pas confondre ce cas avec celui où la plaque sert de semelle à une barre ; la largeur de la plaque concourant à la résistance de la barre ne dépasse pas dans ce cas $30e$ en tout, ou $15e$ de chaque côté.)

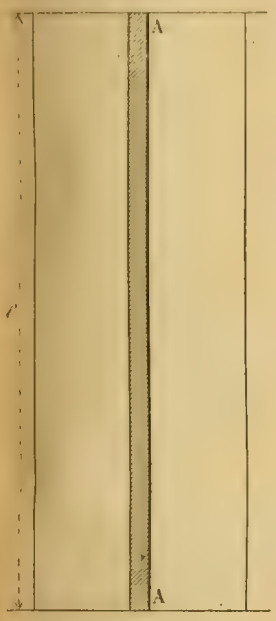


Fig. 4.

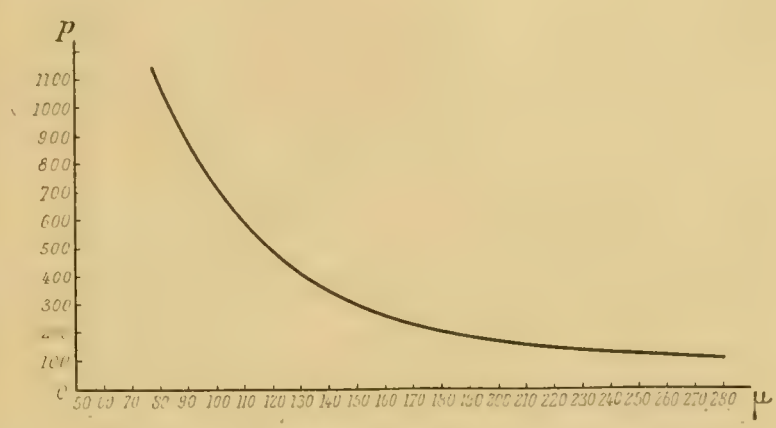


Fig. 5. — *Courbe montrant la variation de* p *avec* μ.

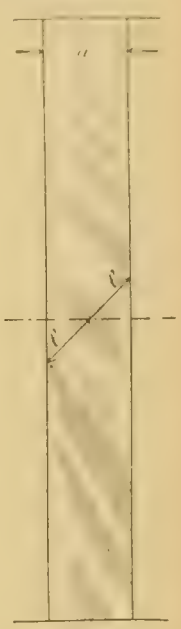


Fig. 6.

IV. — Plaque mince soumise a un effort tranchant

Supposons que l'âme d'une poutre soumise à une flexion non uniforme soit formée d'une plaque mince. Si l'effort tranchant dépasse une certaine limite, la plaque se « gondole ». Il se forme des ondulations qui commencent à la fibre neutre et se propagent dans les deux directions. Ces ondulations sont inclinées sur la verticale de 45° à la fibre neutre et se rapprochent de la verticale à mesure qu'on s'éloigne de la fibre neutre. Cela semble indiquer que les ondulations sont provoquées par les tensions normales qui, comme on le sait, sont à la fibre neutre inclinées de 45° sur la verticale. Quoi qu'il en soit, l'étude expérimentale de ce phénomène, effectuée par le professeur Lilly en Angleterre [1] et par l'Office impérial de la Marine en Allemagne [2], permet d'établir la formule suivante :

Soit a la largeur de la plaque et l la distance d'une ondulation à l'autre (fig. 6) ; on aura :

$$l = \frac{a}{\sqrt{2}}$$

On sait qu'à la fibre neutre l'action dirigée à 45° de la verticale se réduit à $1{,}3\,q.e$, puisque dans la formule

$$\sigma = 0{,}35 \pm 0{,}65\sqrt{p^2 + 4q^2}$$

$p = 0$.

Assimilons la portion de la plaque comprise entre deux ondulations à une plaque encastrée à ses extrémités et chargée debout et prenons un coefficient de sécurité égal à 3 ; on aura :

$1{,}3 q_0 . e . 3 = \frac{4\pi^2 E . e^3 . 2}{12 . a^2}$, d'où, en posant $\frac{a}{e} = \lambda$ et prenant $q_0 = 600$ kg/cm², on obtient pour λ :

$$\lambda = 77.$$

1. Some experiments on Structural Arrangement in Ships. *Trans. of the Inst. of Nav. Arch.*, 1905.
2. W. Hovgaard Structural Design of Warships, 1915, p. 27.

1. Lilly : Web stresses in plate girders. *Engineering*, 1907.
2. F. Pietzker : Festigkeit d. Sch., 1914.

En tenant compte de la largeur des barres qui généralement bordent la plaque, on peut prendre $\lambda = 80$.

On en conclut que, dans les cas où une plaque mince est soumise à un effort tranchant, sa largeur ne doit pas dépasser $80e$. Ce cas se présente notamment pour le bordé extérieur, en particulier celui des torpilleurs, où l'effort tranchant est très considérable, pour les cloisons, etc.

Dans tous ces cas, la distance entre les barres longeant une plaque mince ne doit pas dépasser $80e$, ce qui préserve cette plaque du flambement[1] en même temps que du « gondolement ».

V. — Les efforts qui tendent a produire une déformation longitudinale de la coque

La coque d'un navire peut être assimilée à une poutre creuse rectiligne de section variable soumise aux efforts suivants :

1° Le poids;

2° La poussée (hydrostatique et hydrodynamique);

3° Les forces d'inertie provenant des mouvements secondaires du navire (tangage, mouvement en hauteur, etc.).

Je n'insisterai pas sur les actions du poids et de la poussée.

Le calcul de ces forces est exposé dans différents ouvrages sur la construction navale[2]. On envisage généralement trois positions du navire : en eau calme, sur la crête et dans le creux d'une lame. La longueur de la houle dans ces calculs est prise égale à la longueur du navire lui-même, ce qui présente le cas le plus défavorable; la hauteur de la houle est prise égale à 1/20 de la longueur. On suppose le navire en équilibre et on néglige les réactions hydrodynamiques de la houle, réactions qui ne font que diminuer le moment fléchissant agissant.

De cette façon, on a une réserve qui représente 10 à 20 % et quelquefois même 30 % du moment fléchissant statique. D'autre part, il semble que la hauteur de 1/20 de longueur soit rarement dépassée en réalité, ce qui représente une seconde réserve.

Il nous reste maintenant à examiner l'action des forces d'inertie. Cette action est assez difficile à évaluer.

En se basant sur une théorie de M. Kriloff, M. F. Horn[3] a indiqué la façon dont il est possible de calculer ces actions. Nous n'exposerons pas la méthode de M. Horn, nous nous bornerons à citer ses conclusions :

1° Il est possible de dire *a priori*, pour un navire de formes déterminées, si les forces d'inertie provenant des mouvements secondaires du navire augmentent ou diminuent le moment fléchissant statique.

2° Dans la plupart des cas, le moment fléchissant provenant des forces d'inertie diminue le moment fléchissant statique.

3° L'augmentation du moment fléchissant, si elle a lieu, ne dépasse pas 15 % pour le mouvement en hauteur et 30 % pour le mouvement de tangage du moment fléchissant statique.

4° Si le moment fléchissant provenant des forces d'inertie diminue le moment fléchissant statique, on peut en tenir compte dans le calcul, puisqu'il y a déjà une certaine réserve comme on l'a vu plus haut.

Il nous reste encore à dire un mot de l'influence de la position inclinée du navire.

Il est évident que, si le navire est incliné, son déplacement et, par suite, le moment fléchissant statique vont changer. Généralement, ce changement est pratiquement négligeable (Biles).

VI. — Résistance longitudinale de la coque

Pour déterminer la charge du métal dont est constitué la coque du navire, il faut, après avoir déterminé les efforts qui tendent à produire une déformation longitudinale, calculer les moments d'inertie des différentes sections du navire. Les détails de ce calcul sont exposés dans tous les ouvrages sur la construction navale. Il est seulement nécessaire de remarquer que, pour les parties de la coque qui subissent une compression, il faut tenir compte des considérations développées plus haut et n'introduire dans le calcul que

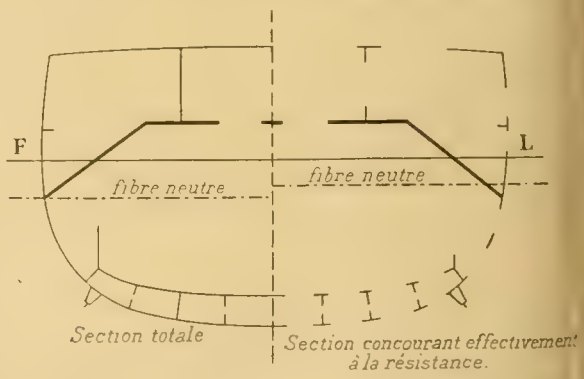


Fig. 7. — *Section d'un croiseur léger, montrant les parties qui concourent effectivement à la résistance longitudinale du navire.*

1. On suppose que la longueur de la plaque est prise en tenant compte de la formule d'Euler, dans laquelle le moment d'inertie I est celui de la plaque renforcée de la barre.

2. V. notamment J. Rougé : *Constructions navales. Coque*. O. Doin et fils, Paris, 1912.

3. F. Horn : Die dynamischen Wirkungen der Wellenbewegung auf die Längsbeanspruchung des Schiffskörpers. 1910.

les portions qui concourent *effectivement* à la résistance longitudinale de la coque et ne peuvent pas flamber sous la charge admise.

Dans la plupart des constructions courantes, les distances entre les membrures longitudinales sont telles qu'il n'est pas possible d'introduire dans le calcul du moment d'inertie toute la section du bordé entier.

La figure 7 donne, à titre d'exemple, la section d'un croiseur léger, dans laquelle on a figuré les parties qui concourent effectivement à la résistance longitudinale du navire.

VII. — Agencement général de la charpente

Dans presque tous les ouvrages sur la construction navale, on distingue généralement trois systèmes de construction de la charpente : le système transversal, le système longitudinal et le système mixte. Pour montrer combien cette classification est imprécise et surtout stérile, il suffit d'indiquer que le système « Isherwood » est considéré dans la plupart des ouvrages comme un système purement longitudinal, tandis que tout récemment le professeur américain W. Hovgaard[1] a pu montrer qu'il fallait le classer parmi les systèmes essentiellement transversaux.

Nous ne nous arrêterons donc pas à reproduire et à discuter cette classification, mais nous procéderons d'une autre manière.

L'élément essentiel, indispensable dans un navire, c'est le bordé extérieur; sans lui il n'y a pas de navire, quel qu'en soit le mode de construction. Il est donc tout naturel et logique de commencer par l'étude de cet élément et de considérer l'ossature du navire comme un support du bordé.

Le bordé d'un navire est soumis à deux sortes d'efforts : 1° aux efforts provenant de l'ensemble des forces agissant sur le navire; 2° à la pression directe de l'eau sur les différentes parties du bordé.

Nous avons montré plus haut que les conditions les plus défavorables pour la résistance d'une certaine partie du bordé sont celles qui amènent une compression de cette partie[2].

Considérons une partie du bordé limitée par deux membrures transversales et deux membrures longitudinales. Cette partie peut être assimilée à une plaque mince rectangulaire encastrée sur son pourtour, soumise à une compression (charge debout) et chargée uniformément.

En se basant sur les résultats de l'étude des plaques minces, résultats qui ont été indiqués plus haut, on voit facilement que la distance entre les membrures longitudinales ne doit pas dépasser $80e$ si l'on veut que le bordé *entier* travaille à la compression.

On obtient ainsi une première indication sur la façon dont doit être constituée l'ossature du navire :

La distance entre les membrures longitudinales ne doit pas excéder $80e$.

L'épaisseur e du bordé peut être déterminée par comparaison avec des navires construits et doit être vérifiée ensuite par le calcul.

Pour déterminer la distance entre les membrures transversales, il faut envisager l'effet de la pression de l'eau sur le bordé. On peut se poser comme but, soit 1° une construction peu coûteuse qui, par contre, sera forcément plus lourde, soit 2° une construction légère qui, par contre, sera forcément plus coûteuse.

Considérons de nouveau la partie du bordé entre deux membrures longitudinales et deux membrures transversales, partie que nous avons assimilée à une plaque mince rectangulaire encastrée sur son pourtour. On a vu précédemment que la charge maxima a lieu au milieu du côté long et ne dépend que de la *longueur du côté court et du facteur* K_A.

Il n'y a aucune raison de rendre la distance entre les membrures transversales plus petite que celle entre les membrures longitudinales; nous supposerons donc que le côté court de la plaque est le côté entre les membrures longitudinales. La charge maxima dépend donc exclusivement du facteur K_A. Ce facteur atteint sa valeur minima pour $a : b = 1 : 1$; il est alors égal à 0,64. A partir de $a : b = 1 : 2,5$, il augmente très peu et est voisin de sa limite 1. On en déduit que, *si l'on veut avoir une construction légère, on prendra* $a : b = 1 : 1$ *et la distance entre les membrures transversales sera égale à celle entre les membrures longitudinales*, mais le prix de main-d'œuvre sera forcément plus considérable, le nombre de membrures transversales étant plus grand; au contraire, *si l'on veut avoir une construction moins coûteuse, on augmentera la distance entre les membrures transversales au-dessus de trois fois la distance entre les membrures longitudinales*, puisque, le facteur K_A ne variant plus, cette augmentation de distance n'entraîne pas d'augmentation de l'épaisseur du bordé.

Il semble peu logique de prendre une distance entre les membrures transversales égale à 2 fois

1. W. Hovgaard : *Structural Design of Warships*, 1915, pp. 227 et 228.

2. Suivant que le centre du navire se trouve sur une crête ou dans le creux d'une vague, la même partie du bordé peut être soumise à une traction ou à une compression.

ladistance entre les membrures longitudinales, puisque cela ne correspond à aucune préoccupation précise, le facteur K_A étant pour ce rapport voisin de sa limite supérieure, de sorte que l'épaisseur du bordé ne peut pas être diminuée, tandis que le rapprochement des membrures transversales rend la construction assez coûteuse.

membrures transversales ne puissent pas flamber à la charge admise pour la charpente. On vérifie ensuite par le calcul si l'épaisseur du bordé ainsi que les profilés qui le renforcent sont suffisants pour pouvoir résister aux efforts tendant à déformer la charpente longitudinalement et aux efforts tranchants en même temps qu'à la pression de l'eau.

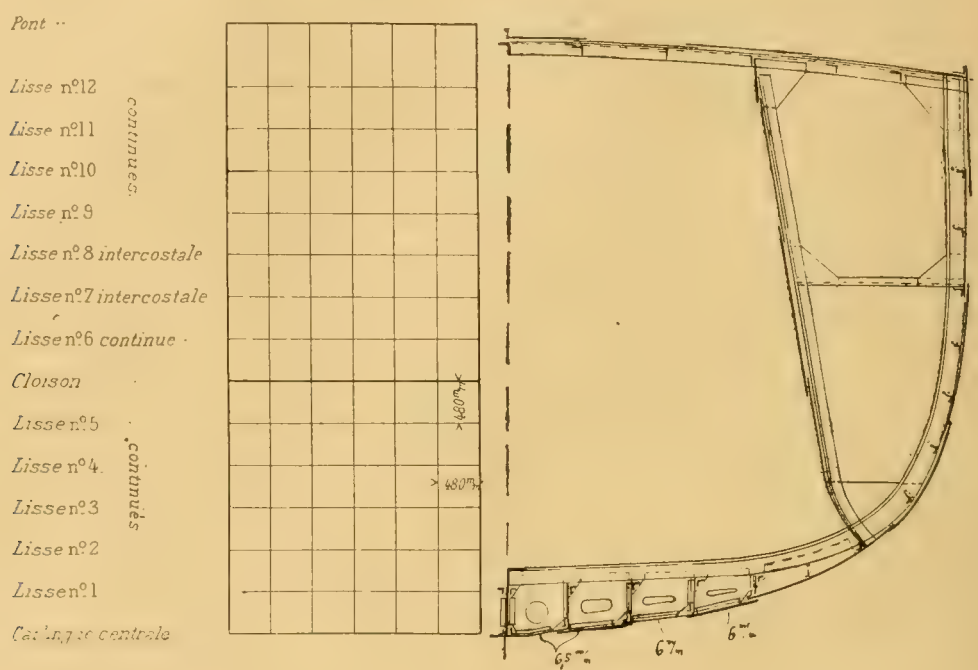


Fig. 8. — *Agencement de la charpente proposée pour un contre-torpilleur.*

Si nous analysons maintenant le système « Isherwood » du point de vue où nous nous sommes placé, nous voyons qu'il correspond approximativement aux règles énoncées.

En effet, la distance entre les membrures longitudinales est généralement égale à 50*e*, c'est-à-dire inférieure à 80*e*, tandis que la distance entre les membrures transversales est assez considérable et atteint : dans les fonds 2,5 et aux bords jusqu'à 5 fois la distance entre les membrures longitudinales[1].

Il est évident que les dimensions des membrures longitudinales doivent être choisies de façon que les parties du bordé entre les

Certaines membrures longitudinales sont renforcées pour assurer une rigidité suffisante de la charpente. Mais c'est là une question spéciale dont nous ne nous occupons pas en ce moment.

Les dimensions des membrures transversales doivent être arrêtées de façon à assurer une résistance transversale suffisante.

L'agencement de la charpente d'un torpilleur peut être considéré comme un exemple de construction correspondant aux règles pour la construction légère.

La figure 8 représente l'agencement de la charpente proposé pour un contre-torpilleur.

M. Zack,
Ingénieur civil
des Constructions navales.

1. Otto Lienau : Materialspannumgen in den Längsverbänden stählerner Handelsschiffe. *Jahrb. d. Schiffb. Gesellsch.*, 1913, p. 604*a*.

LA QUESTION DE LA MAIN-D'ŒUVRE AU LENDEMAIN DE LA GUERRE[1]

Sans croire uniquement, comme les Germains, à la toute-puissance de l'organisation suffisant à tout, on doit, tandis que la guerre se poursuit pour le triomphe final du droit, se préoccuper du lendemain matériel de cette guerre à tous les points de vue. Il faut se demander comment on pourra heureusement modifier les pratiques commerciales et aussi les pratiques industrielles, pour lutter plus efficacement contre les ennemis d'aujourd'hui qui seront les ennemis de demain. Et, parmi les préoccupations qui s'imposent forcément à cet égard, au point de vue du fonctionnement de la vie économique, de la pratique de toutes les industries reprenant leur vitalité, quand la population masculine pourra revenir des tranchées à l'atelier, il n'en est certainement pas de plus importante que la question de la main-d'œuvre.

***

Il n'est malheureusement pas nécessaire ni même utile de recourir à des statistiques détaillées, qui seraient au surplus fort malaisées à dresser, pour se rendre compte qu'au lendemain et comme conséquence des terribles batailles qui se sont livrées et qui se reproduiront sans doute encore bien des fois, la mort aura fauché cruellement dans les rangs des travailleurs d'hier et des travailleurs possibles de demain. Nous ne nous livrerons à aucune évaluation, approximative même, du nombre des disparus, tués sur le champ de bataille, morts des suites de leurs blessures ou des maladies contractées ; ce seront inévitablement des centaines de milliers d'individus qui manqueront à l'usine, à l'atelier comme aux champs et aux récoltes. Et, en dehors même de ceux qui seront disparus définitivement, il faudra tenir compte également de la diminution de force productrice, de capacité de travail chez les mutilés, en dépit de tous les efforts que l'on fait, souvent avec beaucoup de succès, pour leur rendre au moins une partie de leur capacité productrice, de même que pour restituer à tels ou tels blessés l'intégrité complète de leurs mouvements et de leurs facultés physiques.

Dans la population la plus abondante, un pareil déchet, une pareille dîme se ferait sentir de la façon la plus lourde, car le nombre des usines et des ateliers, les surfaces cultivées sont on peut dire proportionnels au nombre des bras qui étaient disponibles avant la guerre. A plus forte raison doit-il en être de même dans une population qui, comme celle de la France, est loin d'être en excédent, puisque sa situation quasi stationnaire donnait des préoccupations ; préoccupations qui ont été légitimées quand il s'est agi de mener à bien cette industrie antiéconomique, monstrueuse qu'on appelle la guerre, mais qui est de première nécessité pour la défense du sol, des traditions, de la civilisation. Au surplus, la perte de tant d'existences, en dehors des deuils, des souffrances morales qui dominent tout, mais non point dans le domaine industriel et commercial, pourrait se calculer pécuniairement, d'une façon quelque peu approximative, si l'on songeait que chaque homme est un véritable capital producteur. Ajoutons encore que ce n'est pas la France qui, malheureusement, seule est frappée de la sorte, dont l'industrie va souffrir d'une disette, relative au moins, de main-d'œuvre ; c'est le cas de l'Angleterre, de l'Italie, même de la Russie, où pourtant les bras sont bien nombreux. On nous permettra de ne point nous préoccuper de l'incidence de ces pertes pour les nations du centre de l'Europe et de la région des Balkans, qui ont voulu ces hécatombes, qui les ont rendues inévitables par leurs ambitions, leur désir de domination.

***

Ceux qui ont tendance à s'en tenir à l'apparence et à la surface des choses pourraient se dire que vraiment, en présence du développement énorme du machinisme depuis déjà bien des années, étant donnée l'automaticité de la plupart des machines employées, la main-d'œuvre ne s'impose plus guère, puisque la machine arrive à peu près à travailler seule, à remplacer l'ouvrier, ou à faire, avec le concours d'un très faible nombre de bras, la besogne qui auparavant en réclamait beaucoup. Mais c'est se méprendre étrangement que de juger ainsi des choses ; nous avons essayé de le montrer dans un livre consacré à la machine et à la main-d'œuvre humaine[1]. Non seulement la machine

1. Cet article a été écrit en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* (Voir les réponses précédentes dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars 1916.)

1. D. BELLET : La machine et la main-d'œuvre humaine. *Bibliothèque d'Economie politique, Encyclopédie scientifique*, publiée sous la direction du Dr Toulouse (O. Doin, éditeur, 1 volume in-8°, 300 pages, 1912).

ne s'est pas introduite partout, bien que vraiment son champ d'application s'élargisse chaque jour, qu'elle s'adapte aux besognes les plus diverses ; non seulement, dans l'industrie des champs en particulier, il y a beaucoup encore à faire pour qu'elle améliore la production en demandant moins aux bras de l'homme; mais il s'en faut que le travailleur humain ne soit plus utile, nécessaire même, sous la forme, il est vrai, d'une main-d'œuvre qui s'intellectualise de plus en plus, si l'on nous permet le mot, d'une main-d'œuvre intelligente et moins musculaire sans doute, mais qui doit constamment contrôler, diriger, arrêter, mettre en mouvement la machine par une collaboration de tous les instants.

Si l'on considère une machine isolément et si l'on songe à son débit, à sa production, il est bien évident que, pour chaque article produit par elle, la part de main-d'œuvre ou si l'on veut de collaboration de l'élément humain a formidablement diminué ; ceci par suite de l'énorme productivité de cette machine, de la rapidité avec laquelle elle fabrique chacun des articles qu'elle va fournir à la consommation. Mais, par contre, celle-ci s'est développée prodigieusement elle-même sous l'influence des bas prix permis par la machine ; et l'industrie considérée dans son ensemble, avec tout son outillage mécanique, demande beaucoup plus d'individus que l'industrie d'hier, industrie qu'on peut qualifier de primitive. Qui dit plus d'individus dit plus de paires de bras, le travail de conduite de la machine, tout intellectuel qu'on puisse l'appeler, nécessitant néanmoins l'usage des mains de ce surveillant ou de ce directeur humain, pour transmettre ses ordres divers à la machine. Sans développer ce côté de la question, nous nous permettrons de renvoyer à ce que nous avons écrit. Que pourtant l'on nous permette de rappeler d'un mot qu'en 1769, au moment où Arkwright prenait son premier brevet, il n'y avait pas en Angleterre 8.000 personnes occupées à la fabrication des étoffes de coton ; en 1789, on en relevait déjà plus de 35.000. Entre 1830 et 1890, le nombre des ouvriers de cette industrie de la filature du coton est passé de 220.000 à plus de 500.000 (sans tenir compte, bien entendu, des industries secondaires de fabrication, de réparation des machines, etc.).

Dans le domaine de l'agriculture, où la machine n'est pas, il est vrai, très employée encore, l'importance de la main-d'œuvre est de premier ordre ; ce que nous venons de dire ne laisse point supposer que cette main-d'œuvre diminuera notablement quand, dans des circonstances normales, on voudra développer et faire progresser économiquement l'industrie agricole (nous verrons tout à l'heure que néanmoins l'emploi des machines en agriculture pourra peut-être remédier quelque peu à la situation de demain, d'une façon transitoire, si l'on veut se contenter de produire ce qu'on produisait hier, sans augmenter la masse des produits alimentaires, notamment, que l'agriculture peut nous fournir). En tout cas, si nous nous reportons à certaines des remarquables études d'agriculture publiées par M. Hitier dans le *Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale*, nous verrons que, dans les fermes à betterave de l'Ile-de-France, tandis que le capital d'exploitation nécessaire représente de 800 à 1.100 francs par hectare, que, dans les fermes à céréales, le chiffre correspondant est de 200 à 400 francs, on ne distribue pas moins de 1.000 francs de salaires, toujours par hectare, dans les cultures maraîchères, de 400 francs dans le vignoble moyen de l'Hérault, de 250 à 280 francs dans ces fermes à betterave dont nous parlions. Et même à supposer, dans une certaine industrie agricole, l'industrie laitière, l'introduction du machinisme pour la traite des vaches, machinisation qui semble être le summum en cette matière, quelles que soient les machines employées pour cette traite mécanique, si centralisée qu'elle soit, il faut toujours de la main-d'œuvre humaine, et notamment masculine beaucoup plus que féminine, pour le nettoyage de la machine, son entretien, sa conduite, sa surveillance, pour le nettoyage des récipients où le lait va s'accumuler sous l'influence de l'aspiration de l'appareil, et pour répondre à mille autres besognes solidaires de l'emploi de la machine, dont la non-exécution empêcherait que celle-ci pût être employée sans cette collaboration de l'être humain. Tout ce que l'on espère, et à juste titre, par cette mise à contribution d'un appareil mécanique, c'est de diminuer la main-d'œuvre et surtout le prix de la main-d'œuvre nécessaire par rapport au litre de lait par exemple ; mais cela a pour but et pour résultat ou d'abaisser ou d'empêcher de monter le prix de ce lait, de manière que la consommation puisse s'en développer, ce qui entraîne la mise à contribution de machines plus nombreuses, et par suite de plus de collaborateurs humains en fin de compte.

Ce que nous venons de dire laisse entendre facilement que souvent la machine seule peut assurer cette grande production qui procure l'abaissement du prix de revient, ou qui permet de lutter contre l'accroissement des salaires ou de la main-d'œuvre ; le collaborateur humain étant payé non seulement le même prix, mais même plus cher, quoique chaque produit fini

revienne à un moindre prix. Que l'on songe simplement à l'industrie de la fabrication des boutons de nacre, où l'ouvrier commandant une machine à façonner peut découper dans sa journée 60, 70, 80 grosses (de 144) de boutons, alors qu'avec le tour mu au pied il arriverait peut-être à 15 ou 16 grosses : on comprendra ce que nous voulons dire de l'économie assurée.

* *

Cette question du coût de la main-d'œuvre est fort importante, même dans les circonstances prochaines que nous envisageons. Les salaires étaient déjà très élevés avant la guerre, et ils ne peuvent manquer de monter encore au lendemain de cette guerre, sous l'influence de la raréfaction des bras disponibles, comme application de la loi inévitable de l'offre et de la demande. Il s'est passé en France ce qui s'est passé dans les autres pays, particulièrement en Suisse, où le Secrétariat des Paysans a dressé des statistiques fort intéressantes, qu'il est curieux de consulter. Si nous remontions jusque vers 1850, nous verrions que le vacher nécessaire à la traite des vaches, et qui joue un rôle si important dans l'industrie agricole, touchait seulement à cette époque, en plus de sa nourriture et de son logement, quelque chose comme 3 fr. 65 par semaine; en 1906 ce salaire complémentaire était de 10 fr. 50 en moyenne, après du reste n'avoir pas dépassé 8 fr. 65 entre 1890 et 1899 et 7 fr. 30 entre 1880 et 1889. Pour l'ouvrier nourri, non logé, le prix de 1850 était de 0 fr. 85 par jour en été, de 1 fr. 80 entre 1880 et 1889, de 2 fr. 80 en 1906. Nous disons que l'augmentation des salaires agricoles a été tout à fait analogue en France; le fait est qu'entre 1860 par exemple et 1900, le salaire quotidien, nourriture non comprise, a passé en moyenne de 1 fr. 85 à 2 fr. 55. Encore allons-nous voir que, en dépit de cette montée constante des salaires, notamment agricoles, on avait de plus en plus de peine à se procurer les travailleurs ; par conséquent demain, quand l'effectif en sera plus faible, on sera obligé de payer encore plus cher cette main-d'œuvre si l'on veut l'attirer vers ces entreprises, et à un moment où le capital disponible pour payer les salaires comme pour le reste aura été lui-même terriblement diminué par les dilapidations et les ruines de la guerre. Dans les conditions que nous indiquions, les dépenses annuelles de l'agriculture suisse pour la main-d'œuvre se sont accrues de 23 °/₀ environ ; il est vrai que l'accroissement des recettes a été de 52 millions de francs pendant le même temps, mais 40 °/₀ de cette majoration de valeur de la production agricole ont été absorbés par l'accroissement des salaires.

* *

Nous disions tout à l'heure que, quel que soit le chiffre exact des pertes de vies humaines subies par la nation française, ce chiffre représentera forcément une proportion très élevée de la population fournissant la main-d'œuvre (nous ne disons pas population laborieuse parce que le mot est faux); il suffira de cette proportion pour relever sensiblement les salaires, pour diminuer considérablement la faculté qu'auront les employeurs de se procurer de la main-d'œuvre. Et le fait est que, si l'on consulte les recensements professionnels, on s'aperçoit que, sur l'ensemble de notre population, le nombre des bras qui s'offraient normalement à l'industrie et à l'agriculture ne représentait pas un chiffre extrêmement élevé. Le dernier recensement professionnel qui ait été fait accusait, sur un peu moins de 40 millions d'habitants, une population active, comme on dit, de personnes exerçant une profession rémunérée, travaillant isolément ou en commun, pour leur compte ou non, d'un peu plus de 20 millions 1/2; mais, dans ce chiffre, il entrait 7.693.000 femmes d'abord; d'autre part, on comptait plus d'un million d'individus pour les services personnels, domestiques, 1.220.000 pour les services publics, armée comprise, ce qui ne ressort pas directement à la production. D'autre part, l'ensemble de cette population active comprenait 6.286.000 chefs d'établissement, ce qui ne laissait que moins de 14 millions d'individus des deux sexes, employés, ouvriers, travailleurs isolés.

C'est la base pour ainsi dire sur laquelle on pourrait calculer le déficit que représentera la mortalité due à la guerre, tristement complétée par les incapacités physiques qu'entraînera celle-ci chez beaucoup de blessés. Ce dernier recensement professionnel n'est pas d'hier; mais malheureusement la population française n'a guère augmenté depuis 1906, et les chiffres et proportions ne se sont que peu modifiés depuis.

En envisageant plus spécialement la question au point de vue de cette agriculture, où encore jusqu'à présent, en France notamment, la main-d'œuvre humaine n'a été que fort peu complétée par les machines, on constaterait également que le nombre des bras dont on disposait était relativement assez faible; beaucoup trop faible même par rapport aux besoins, comme nous l'indiquerons tout à l'heure en montrant ce qu'était l'insuffisance de main-d'œuvre avant la terrible crise

actuelle. Un spécialiste des plus autorisés, M. Max Ringelmann, s'est occupé de cette question de la main-d'œuvre rurale, notamment devant la Société d'Encouragement. Sans doute, si l'on compare le recensement professionnel de 1901 avec celui de 1906, on arrive bien à constater que la catégorie professionnelle d'ensemble désignée sous le terme de « Pêches, forêts et agriculture » comporte 8.855.000 individus en 1906 au lieu de 8.240.000 ; mais, dans ces deux chiffres, il y a, pour 1909, 2.713.000 employés et ouvriers, 1.356.000 travailleurs isolés, au lieu de 2.967.000 et de 1.804.000 en 1901 ; d'ailleurs les totaux comprennent l'industrie des pêches, qui est si artificiellement développée au point de vue ds ses effectifs par l'organisation des Invalides de la Marine et de l'Inscription maritime. Hervé Mangon avait évalué en 1872 à 11.500.000 travailleurs le chiffre des gens fournissant des bras à l'agriculture en France. Et quant au recensement de 1896, il avait accusé un total de 8.454.000 individus pour ce groupe de la pêche, des forêts et de l'agriculture, dont 3.322.000 employés, et 2.046.000 travailleurs isolés.

Certes, il y avait du gaspillage dans l'emploi de cette main-d'œuvre; et c'est ce que prouvent les faits actuels. Alors que tant d'hommes ont été enlevés aux usines, aux industries, et notamment à l'agriculture, une bonne partie des travaux ont pu continuer, spécialement des travaux des champs. Il s'en fallait de beaucoup que la main-d'œuvre employée donnât toujours son maximum de rendement. Dans une foule d'industries, depuis déjà un certain nombre d'années, sous l'influence des syndicats ouvriers, de la Confédération générale du Travail, il s'était passé un fait analogue à ce que l'on pouvait constater à l'étranger, notamment en Angleterre : l'application de ce *ca-canning*, dont la désignation a été imaginée par la langue écossaise, la pratique suivie par un grand nombre de Trade-Unions. Sous prétexte de diminuer le nombre des chômeurs, d'empêcher le patron d'encaisser ce soi-disant *surtravail* imaginé de toutes pièces par K. Marx, un grand nombre d'ouvriers limitaient volontairement leur production, épargnaient leur peine, comptaient strictement le nombre de briques posées par exemple, se refusaient à conduire au delà d'un certain nombre de machines ou de métiers, ou à laisser faire à ces machines le maximum de mouvement, le maximum de produits dont elles étaient susceptibles. Cette paresse méthodique, raisonnée sinon raisonnable, était imposée par la plupart des syndicats à leurs adhérents à la veille de la guerre ; et c'était véritablement un gaspillage de main-d'œuvre. Ce gaspillage, qui était une monstruosité économique, s'il continuait au lendemain de la guerre, serait une monstruosité patriotique ; s'il disparaît, au contraire, il peut, remarquons-le tout de suite, venir quelque peu soulager les industries françaises, en rendant moins sensible la pénurie de main-d'œuvre.

La possibilité d'intensifier le travail, sans dépasser comme de juste les forces physiques ni intellectuelles de l'ouvrier, a été bien démontrée dans les recherches, les enquêtes faites en Angleterre ces temps derniers, quand on a pour ainsi dire nationalisé une partie de l'industrie dans des buts militaires, en soumettant les ouvriers d'usines à une discipline très stricte. On a pu constater que régulièrement les hommes perdaient, avant cette militarisation, 20 % de la durée de travail possible, que jamais tout au moins la perte moyenne n'était au dessous de 10 %. Nous ne savons point si la mainmise du gouvernement a fait complètement disparaître ces pratiques maladroites autant que coupables; ce qui est intéressant, c'est de les constater, pour en déduire qu'il y aurait là un remède partiel à l'insuffisance de la main-d'œuvre, les choses se passant évidemment en France tout comme en Angleterre, où l'ouvrier est en général beaucoup plus acharné à la besogne, de par son tempérament.

Cette pratique du *ca-canning*, de la restriction volontaire de la productivité de travail, était motivée par les syndicats, Trade-Unions, etc..., par le prétexte de remédier au chômage, de donner plus de travail à un plus grand nombre d'ouvriers. Nous n'avons pas à démontrer au point de vue économique (cela sortirait absolument de notre cadre) qu'il y avait là une erreur complète, grossière. Mais ce que l'on pouvait observer, c'est qu'en fait le chômage véritable, non volontaire, est une chose extrêmement rare, quand l'ouvrier consent à se déplacer quelque peu à la recherche du travail. On a toujours besoin de bras, surtout avec les pratiques industrielles modernes et l'emploi croissant des machines ; un ouvrier peut passer très facilement d'une occupation à une autre, d'un métier à un autre en apparence très différent, l'apprentissage ne demandant que fort peu de jours.

Nous renverrons à ce propos à ce que nous avons dit dans notre livre sur la Machine, et à l'opinion notamment d'un industriel de Birmingham, affirmant avec raison que la division du travail, l'emploi des machines ont contribué à résoudre le grave problème du chômage. C'était

du reste ce que traduisait notre collègue M. de Rousiers quand il disait que, dans l'industrie moderne, l'ouvrier de fabrique passe aisément d'un métier à tisser à la fabrique de chaussures, de la papeterie à la filature. Le chômage était donc très rare, en dépit des informations le plus souvent tendancieuses publiées par les syndicats ouvriers; nous avons personnellement donné des indications sur cette relativité du chômage[1]. Il faut songer que, même dans les recensements professionnels faits sur la simple déclaration des intéressés, qui tendent toujours à se plaindre et à se rendre plus intéressants, le chômage moyen, en 1906 par exemple, année non exceptionnelle, était représenté par la proportion de 2,32 % pour l'ensemble des diverses professions. Il suffisait au reste de diriger une industrie tout à fait quelconque, si modeste qu'elle fût, pour savoir par expérience la difficulté que l'on avait à se procurer les bras dont on avait besoin. Le chômage était donc très rare; et cela laissait supposer, comme conséquence inévitable, que la main-d'œuvre disponible était elle-même rare : c'est à peu près la traduction de la même idée.

***

Dans un milieu où la main-d'œuvre était ainsi difficile à se procurer, la question de la main-d'œuvre de demain, diminuée de la triste dîme à laquelle nous avons déjà fait allusion à plusieurs reprises, sera encore beaucoup plus grave.

Cette rareté de la main-d'œuvre, qui nous met évidemment en plus mauvaise situation pour demain, avait été constatée dans de multiples circonstances, signalée par une foule d'industries, qui la déploraient comme de juste; elle était un facteur d'importance dans l'accroissement des salaires. Aussi bien, devons-nous dire qu'elle se retrouvait un peu dans tous les pays, et même dans un pays qui nous est cher, et où la population était pourtant spécialement abondante, la Belgique. Nous avions vu un industriel fort expert, M. Emile Harmant, nous montrer les difficultés auxquelles il se heurtait dans la métallurgie pour se procurer des travailleurs. Cette rareté de la main-d'œuvre, on l'aurait constatée dans les publications mêmes de l'Office du Travail, où, en 1911-1912 par exemple, on nous montrait l'industrie des menuisiers-ébénistes à Nantes se trouvant en présence d'une main-d'œuvre de plus en plus rare qui ne peut plus répondre aux besoins de la fabrication, d'autant que l'on ne recrute plus guère d'apprentis, et par suite des interventions syndicalistes, et par suite des interventions de la loi soi-disant destinée à protéger ces apprentis. De même, dans les publications du Musée social, que l'on ne peut point suspecter davantage de dureté de cœur ni de parti-pris, dans une excellente étude sur l'industrie du tulle et de la dentelle à Caudry, le commandant G. Reynaud montrait la difficulté que l'industrie du tulle dit grec avait à recruter sa main-d'œuvre, et surtout à la maintenir toute l'année, les ouvriers ayant fréquemment tendance à quitter les métiers pour prendre l'air, changer d'occupation, étant toujours prêts à se mettre en grève, parce qu'ils étaient certains de trouver un autre travail pendant le chômage de l'usine : et cela tout simplement en vertu de la rareté générale de la main-d'œuvre en France.

Au point de vue agricole, qui doit nous préoccuper peut-être plus que tout autre, parce que l'industrie agricole tient encore une place de premier ordre dans les manifestations industrielles générales de la France, de multiples enquêtes, faites plus méthodiquement que pour les autres genres de production, ont montré que le chômage était purement illusoire, que les chefs d'exploitations petits ou grands avaient toutes peines pour se procurer de la main-d'œuvre, qu'il y avait véritablement une crise de la main-d'œuvre agricole. Nous pourrions rappeler à ce propos l'enquête qui a été faite par les professeurs d'agriculture dans toute la France, et l'étude très minutieuse, très consciencieuse poursuivie sur ce même sujet par notre éminent collègue, M. A. Souchon. Nous n'avons point du reste à chercher le remède ici; nous n'avons qu'à constater le fait, qui ajoute forcément aux préoccupations de demain et aux difficultés qui se lèveront devant l'industrie agricole au moment de la paix.

Assurément cette insuffisance manifeste de la main-d'œuvre agricole résulte bien un peu de ce que les salaires, dans l'agriculture, sont encore inférieurs aux salaires industriels, qui attirent davantage les travailleurs ; mais lors même qu'il y aurait reflux d'une industrie vers une autre, au total l'insuffisance se manifeste toujours. On peut dire que tous les inspecteurs d'agriculture consultés, d'après les réponses mêmes qui leur ont été faites dans les campagnes où ils ont poursuivi leur enquête, en sont arrivés à conclure que le chômage n'existe pas dans l'industrie agricole; que ce qui existe, c'est l'impossibilité ou la très grosse difficulté pour bien des employeurs, chefs d'entreprises, de trouver les bras dont ils ont besoin. C'est ce que traduisait M. Hitier en disant qu'il devient de plus en plus difficile de trouver des

1. D. Bellet : *Le Chômage et son remède*. Alcan, éditeur.

salariés, tout particulièrement pour les occupations de vachers, de fromagers, de bergers dans les fermes ; on a dû modifier une foule d'exploitations, supprimer un important troupeau de vaches laitières ou de moutons, parce que l'on ne pouvait plus trouver le personnel pour traire, pour garder et soigner les moutons. Des observations du même genre, à de multiples reprises, ont été apportées devant la Société nationale d'Agriculture ou devant la Société d'Encouragement; et M. Lucas par exemple, rendant compte de machines et d'expériences de traite mécanique des vaches, affirmait que, si l'on ne voulait pas être amené forcément à abandonner la production du lait en France, il faudrait remplacer la main-d'œuvre indispensable et introuvable par des machines exécutant le travail des vachers. Nous ajouterons remplacer partiellement, car nous avons dit, et l'on sait bien, que la machine ne peut pas travailler complètement seule.

*

Tout nous accuse malheureusement que la main-d'œuvre n'était pas suffisamment abondante en France ; certains mêmes ont prétendu que cela ne contribuait pas pour peu à nous mettre en état d'infériorité par rapport à nos concurrents acharnés, les Allemands, chez lesquels, du reste, les manifestations commerciales et industrielles étaient presque une forme d'avant-guerre, pour employer le mot assez heureux de M. Daudet. Ce qui montrait bien encore cette rareté de la main-d'œuvre particulièrement agricole, mais autre aussi, c'est que l'immigration des étrangers était abondante en France ; elle se présentait souvent sous la forme d'immigration temporaire, avec esprit de retour, les travailleurs étrangers ne venant que pour quelques mois, une période de travail de moisson, de cueillette, de culture dans notre pays.

Une foule de gens, et M. Hitier, et M. Maurice Lair, et bien d'autres, se sont occupés de cette main-d'œuvre étrangère s'introduisant en France et répondant à un besoin absolument indispensable. La Belgique nous fournissait une grande partie de ces bras, sous la forme notamment de travailleurs agricoles nomades quittant la Belgique au commencement de mai, poussant jusque dans l'Yonne et dans la Nièvre, mais se répandant surtout dans le Nord, le Pas-de-Calais, les Ardennes, l'Aisne, l'Oise, la Seine-et-Marne, la Marne, l'Eure-et-Loir, le Loiret; ils venaient d'une part pour la culture, le binage et le démariage des betteraves, puis pour la moisson du blé et d'autres céréales; on les employait également et un peu plus tard à l'arrachage des pommes de terre ou des betteraves, sans parler d'autres travaux plus ou moins analogues. Un assez grand nombre venaient d'ailleurs quotidiennement dans les régions françaises voisines de la frontière. Depuis quelques années, l'insuffisance de la main-d'œuvre se manifestait tellement qu'il avait fallu avoir recours à des Polonais, provenant surtout de Galicie, venant en Lorraine et aussi dans certains départements presque centraux. Nous n'avons guère besoin de rappeler que le sud de la France faisait appel d'une part aux Italiens, de l'autre aux Espagnols, même pour les travaux de manutention dans les ports ; on sait sans doute également que, pour l'exploitation de notre magnifique bassin de Briey, une énorme colonie d'étrangers s'était formée comprenant une forte proportion d'Italiens. De même encore, quand il a fallu commencer de mettre en valeur le bassin de minerai de fer du Calvados pour lequel on avait dû, paraît-il, faire appel aux capitaux allemands, on s'est vu obligé d'aller chercher de la main-d'œuvre étrangère, notamment des Kabyles, pour fournir une bonne partie des travailleurs dont le concours était indispensable.

D'après les observations que nous avons déjà faites, on voit que cette importation de main-d'œuvre étrangère ne suffisait point à compenser toute l'insuffisance constatée. Il va sans dire qu'au lendemain de la guerre où tant de nations sont engagées, à un moment où des mesures seront à prendre contre certaines importations humaines, allemandes ou autrichiennes, dont on a constaté les dangers, on va manquer encore bien davantage de cette main-d'œuvre étrangère. L'Italie, la Pologne, par l'envahissement austro-allemand, la Belgique, si cruellement frappée elle aussi, tous ces pays où la terrible dîme sera venue diminuer sensiblement la population, seront certainement moins à même qu'auparavant de fournir partiellement à nos besoins. A moins cependant que, dans certains de ces pays, les ruines mêmes accumulées, la disparition de capitaux qui avaient servi à créer et qui servaient à faire fonctionner des usines, des entreprises industrielles variées, ne viennent diminuer les chances d'occupations pour les habitants. C'est un peu l'inconnu. Mais notre sympathie profonde pour les Alliés qui auront le plus souffert nous fait espérer, à un point de vue supérieur, que ce ne sera guère le cas. Peut-être alors sera-t-on bien heureux de faire appel à cette main d'œuvre kabyle qui a certainement des qualités, et dont on trouvait déjà, à la veille de la guerre, quelque 2.000 représentants dans la région de Paris, notamment dans les raffineries ; autant à Marseille dans les

huileries, les raffineries, comme manœuvres, terrassiers dans d'autres industries ; enfin déjà un nombre un peu respectable dans les houillères du Pas-de-Calais. Ces Kabyles, qui sont une population industrieuse, étaient venus spontanément, et le mouvement pourrait s'accentuer très facilement.

***

Il n'y aura pas là toutefois de quoi satisfaire aux insuffisances. Et l'on va être évidemment obligé de tirer davantage parti de la machine dans toutes ses applications[1]. A la vérité ici ce ne sera plus la machinisation normale, peut-on dire, celle dont nous parlions plus haut et dont nous avons parlé dans le livre déjà cité ; machinisation où chaque engin mécanique réclame moins de main-d'œuvre pour un volume, une quantité donnés de production, mais où le nombre des machines s'élève autant qu'on peut apporter plus de collaborateurs humains à l'industrie envisagée. Ici, ce sera une machinisation partielle, cherchant au moins temporairement à établir un équilibre : les machines mises en service, aidées des seuls bras disponibles, devant répondre sensiblement aux besoins de la consommation, sans que l'on ait immédiatement en vue une possibilité de développement notable de la production. Il y aura d'ailleurs là un équilibre très difficile à établir, car l'essence des machines c'est de produire par grande masse ; il est malaisé, peu habile, peu pratique, peu économique, de les mettre à contribution si l'on n'est pas désireux et assuré d'écouler facilement ces grandes masses de produits.

Or, au lendemain de la guerre, on se trouvera d'une part en face de difficultés douanières à l'entrée dans bien des pays, car la guerre n'aura pas rendu malheureusement les rapports commerciaux plus pacifiques entre nations qui se seront entre-tuées, et vis-à-vis surtout de celles qui ont déchaîné l'épouvantable crise. On manquera également de facultés d'achat, de ressources, par suite même de l'énorme consommation de capitaux qui se sera faite. Il est vrai qu'à ce point de vue la situation s'éclaircira rapidement, car les produits s'échangent contre les produits, comme on dit en Economie politique, et les articles plus abondamment fabriqués grâce à la machine, assurant des distributions de salaires, feront naître des consommateurs possibles, du moins des facultés d'achat et de consommation.

Au point de vue technique même de la réalisation des machines que l'on voudra mettre à contribution dans les industries les plus diverses, il est peu vraisemblable que des difficultés se présentent, notamment à l'égard des combinaisons mécaniques à inventer. Dès maintenant on voit la machine s'appliquer pour ainsi dire à tout, quand le chef d'industrie sait la mettre à contribution d'une façon opportune, quand l'ouvrier consent à ce qu'on l'emploie. C'est l'histoire notamment de ce soudage mécanique des boîtes de conserves, et en particulier des boîtes de sardines à l'huile, qui a donné lieu, il y a quelques années, à une sorte de petite insurrection en Bretagne, et qui permet de réaliser une économie de beaucoup plus de deux francs par cent boîtes en réduisant le personnel dans la proportion de 28 à 16. Nous avons donné par ailleurs à mainte reprise des preuves de la plasticité de la technique en ces matières ; les machines les plus diverses s'imaginent et se fabriquent maintenant : telles celles qui collent, assemblent les diverses parties des meubles ; telle cette autre qui fabrique le béton ou le mortier et qui l'envoie par des canalisations sous pression aux divers lieux d'emploi sur un chantier de construction en maçonnerie.

Au reste, cette plasticité d'application des appareils mécaniques ne signifie pas que leur installation dans des productions nouvelles soit toujours la chose la plus simple du monde. Il faut des études préalables, quelquefois longues, des mises au point, sans parler de la nécessité qu'il y a de consacrer de très gros capitaux à l'achat de machines qui, unitairement, représentent un prix très élevé. Pour ce qui est en particulier de l'industrie agricole, l'ingéniosité des inventeurs s'est donné libre cours déjà ; la mise à contribution du moteur automobile, de la commande mécanique sous ses diverses formes, réserve sans doute un avenir brillant. Et il est bon de se rappeler à ce propos l'observation que faisait notre collègue Daniel Zolla, si autorisé en ces matières, quand il se défendait vivement de méconnaître l'importance croissante de l'outillage mécanique de l'agriculture. Au moment où il écrivait, ce qu'il avait en vue, c'était surtout cette importance, à mesure que la production se développe ; il rappelait que l'accroissement de production des céréales, sous l'influence de l'emploi d'engrais perfectionnés et aussi de l'augmentation des besoins, aurait exigé un accroissement prodigieux du nombre des travailleurs exécutant avec le fléau l'opération du battage, si la machine à battre n'était pas venue faciliter leur tâche. En sens inverse, la machine à battre et surtout les autres machines

1. Voir à ce sujet une autre réponse à notre enquête : M. de Jarny : Les nouvelles méthodes de l'industrie moderne. Le remplacement de la main-d'œuvre humaine par le travail mécanique. *Revue gén. des Sciences* du 15 mars 1916.

(N. de la Réd).

déjà plus ou moins appliquées ou en cours d'invention, pourront donner une même production avec un nombre de travailleurs sensiblement plus faible.

Il est évident que cette question du prix de revient des machines, du capital élevé nécessaire pour les acquérir, les faire construire, présente bien des difficultés (même en dehors de l'industrie agricole, qui, elle, offre des conditions spéciales ainsi que nous le rappellerons). Des capitaux énormes sont détruits, capitaux liquides, disponibles; et il est manifeste que demain, après la guerre, les machines coûteront encore plus cher qu'elles ne coûtent maintenant, notamment comme conséquence de cette diminution de la main-d'œuvre dont nous nous préoccupons; diminution qui, par un cercle vicieux, peut être atténuée dans ses effets nocifs de par l'emploi même des machines. Il ne faut pas oublier que méthodiquement il y a eu des destructions de la part des Allemands dans l'outillage des diverses industries des pays envahis; il y a eu également des pillages, des réquisitions, des transports de matériel mécanique de Belgique, de France ou d'ailleurs vers l'Allemagne. Ces réquisitions et ces transports ont été faits méthodiquement aussi, de propos délibéré, précisément pour mettre en état d'infériorité l'industrie des pays concurrents au lendemain de la guerre, au cas où la paix ne se ferait point dans des conditions telles que l'Allemagne serait obligée de restituer en nature les machines qu'elle aurait enlevées. Il y a là un point à ne pas perdre de vue. Il sera absolument essentiel, si l'on veut que la production ne soit pas trop ralentie, que ces machines ainsi volées soient rendues identiquement ou remplacées par des machines prises en Allemagne. Au lendemain de la guerre, la fabrication, la construction des machines ne pourra pas suffire à tous les besoins; et si l'on ne prenait pas cette mesure, les industries des pays alliés, notamment l'industrie française, seraient obligées d'attendre fort longtemps avant que les constructeurs spécialistes puissent leur fournir, étant donnée la rareté même de la main-d'œuvre, les machines, les installations mécaniques dont on aurait besoin pour remplacer tout ce qui aurait été enlevé.

On voit que les difficultés se superposent malheureusement.

* *

C'est dans l'industrie agricole que le manqu de main-d'œuvre, le manque de bras va se faire sentir le plus, tout simplement parce que c'est dans cette même industrie que, jusqu'à présent, les bras étaient le plus employés, la machine ne s'étant encore introduite qu'assez timidement. Elle y a pourtant des avantages considérables auxquels nous faisions allusion tout à l'heure, et ce serait le cas de rappeler une autre observation de notre collègue et ami Daniel Zolla, faisant remarquer que l'expansion de la culture de la vigne dans le midi de la France eût nécessité un nombre d'ouvriers vignerons considérablement plus élevé, alors que pourtant la campagne était de plus en plus abandonnée, si l'on ne s'était point décidé intelligemment à planter les ceps à une distance suffisante pour que l'on pût faire passer les charrues vigneronnes remplacant la pioche, outil manuel. C'est de même que la plantation de la betterave et des céréales en ligne a permis de réduire la main-d'œuvre, grâce à des machines spéciales.

L'emploi de la machine en agriculture peut parfaitement s'accommoder de la continuation de l'élevage du bétail, industrie si importante pour l'alimentation, surtout tant qu'on ne veut pas davantage recourir aux viandes de l'étranger. M. Ventou-Duclaux, qui est un spécialiste dont tout le monde reconnaît l'autorité, a présenté, dans le courant de 1914, un rapport au Congrès de Tunis sur l'emploi du moteur à explosions dans les installations agricoles, c'est-à-dire de la machine envisagée sous son aspect le plus large; il y a bien montré que cette machinisation peut avoir une incidence bienfaisante sur l'élevage du bétail, en permettant une alimentation plus rationnelle et plus économique de celui-ci. Il est vrai qu'il ne faut point perdre de vue que l'engraissement même du bétail nécessite fréquemment qu'on l'utilise à des travaux agricoles, le travail facilitant souvent l'assimilation de la nourriture, et par conséquent l'engraissement. La question de la fumure, c'est-à-dire de la production du fumier, n'est point secondaire; mais on peut très probablement, dans beaucoup de cas, moins recourir au fumier animal et davantage aux engrais chimiques artificiels. On sait du reste qu'au point de vue technique, le jour où cela sera nécessaire, on imaginera les machines agricoles les plus variées, qui rendront les services que l'on croyait ne pouvoir demander jusqu'ici qu'à la main-d'œuvre. C'est ainsi que l'on a créé des machines bien comprises pour la cueillette du coton (en dehors de nos climats); de même le démariage des betteraves se fait maintenant à la machine dans les exploitations d'une certaine importance, opération qui consiste à enlever sur la ligne du semis, comme le disait M. Maurice de Molinari, les jeunes plantes portant trois ou quatre feuilles, de façon à

n'en laisser qu'une tous les 25 ou 30 centimètres. Les machines opèrent obliquement, en laissant les betteraves en quinconce, et binent les intervalles simultanément. Les appareils les plus ingénieux ont été imaginés ces années dernières pour réaliser cette opération dans les meilleures conditions possibles.

Aussi bien depuis lontemps déjà, pour certains travaux agricoles, en France, et dans d'autres pays comme les Etats-Unis pour la plupart de ces travaux, la machine joue un rôle considérable; ce qui prouve qu'elle est susceptible d'en tenir un plus important, encore si l'on sait s'y prendre. Il faut évidemment développer ce qui existe, et se rappeler que, en 1892 par exemple, d'après les chiffres qui ont été relevés par M. Ringelmann, la France, tout en possédant 3.7000.000 charrues, ne comptait guère que 52.000 semoirs, 38.000 faucheuses, 51.000 faneuses et râteaux, d'ailleurs trainés par cheval, 234.000 moissonneuses, 2.000 appareils de battage mécanique. Ce sont évidemment des milliers, des dizaines de milliers et même des centaines de milliers qu'il faut encore introduire en France, en dehors de l'application du machinisme vrai sous la forme de l'automobilisme agricole, pour que la machine en agriculture tienne chez nous une place vraiment digne des besoins auxquels il y a à répondre. Une introduction partielle et beaucoup moins importante de ces machines suffirait déjà sans doute à compenser en très grande partie la rareté de main-d'œuvre dont l'on souffrira demain.

Il est certain que des difficultés se présentent dans le domaine agricole au point de vue de l'application généralisée, ou tout au moins beaucoup plus vulgarisée, des machines, et non pas seulement comme conséquence de la dépense unitaire qu'entraîne l'achat d'une machine. Il s'en faut souvent qu'un agriculteur ait une surface à cultiver suffisamment vaste pour qu'il puisse y faire porter entièrement l'intérêt et l'amortissement de l'appareil mécanique qu'il voudrait acheter, et non pas seulement encore une fois parce que le coût d'achat de cette machine est élevé, mais parce que la suite des opérations qu'elle pourra effectuer sur une exploitation donnée ne correspondra pour elle qu'à quelques journées d'utilisation complète. Si nous considérions par exemple une de ces machines à traire les vaches dont nous parlions en commençant, nous verrions que son prix d'achat même, avant la majoration qu'entraîneront la hausse générale des prix et la diminution de main-d'œuvre, tournait aux environs de 500 francs, et encore à condition que l'on possédât le courant électrique, un abonnement à l'électricité, dans la ferme considérée. Il est de plus assez malaisé de n'avoir qu'une seule machine, car on est obligé de prévoir des à-coups, des réparations, et la machine de réserve s'impose en doublant le capital. L'amortissement de ces 1.000 francs, l'intérêt du capital engagé, ne peuvent être couverts (sans parler même de la force motrice à payer et aussi de l'ouvrier ou des deux ouvriers indispensables) que si l'on possède un troupeau de vaches important, permettant de répartir ces frais sur un nombre de litres de lait très élevé. C'est là un simple exemple, l'observation est vraie dans toutes les matières. L'association, ce que l'on appelle parfois la coopération, mais dans un sens un peu spécial, peut donner la solution du problème, en permettant à un groupe d'agriculteurs d'acheter en commun des machines susceptibles de se déplacer de ferme en ferme, en effectuant une suite de travaux qui en vaillent vraiment la peine, c'est-à-dire qui correspondent, dans l'ensemble, à une utilisation rationnelle de la machine et du capital qu'elle représente. Ajoutons qu'il faudra souvent aussi, pour que les machines agricoles, et notamment l'automobilisme agricole entendu largement, s'introduisent dans l'industrie culturale, agricole, que l'on trouve au cheval mécanique, au moteur formant la base de cet automobilisme, des applications, des emplois très variés, qui lui fassent rendre un peu les mêmes services que le cheval en chair et en os.

Ce sont donc des difficultés réelles, qu'on n'ignore point au surplus, mais dont on peut triompher si l'on étudie bien le problème, et si, comme de juste, les industriels fabricants non seulement aboutissent au point de vue technique, mais de plus sont à même de fournir dans un temps très court les machines dont on aurait besoin, dans l'agriculture comme dans un autre domaine. Ce qui prouve bien que l'on se préoccupe de ce côté du problème de l'insuffisance de la main-d'œuvre, c'est que le ministère de l'Agriculture a décidé d'accorder des subventions pour l'achat en commun d'appareils de culture mécanique par groupements agricoles; les communes seront admises à bénificier de ces subventions, les appareils et les conditions d'emploi de ces appareils devant être agréés par l'Etat distributeur des primes. Nous souhaitons que les particuliers comprennent suffisamment leur intérêt pour qu'ils se lancent par eux-mêmes dans cette voie. Les subventions ne pourront jamais être distribuées que sur les fonds du budget, et en cette matière, l'insuffisance des capitaux, les ruines accumulées, l'énormité de la dette contractée viendront étrangement gêner la distribution de

primes effectives. C'est toujours la question du capital qui vient gêner l'application des remèdes qui apparaissent comme possibles à l'insuffisance de la main-d'œuvre après la guerre.

Il est certain que, dans le domaine agricole en particulier, les salaires devront être relevés, puisque l'on a reconnu que c'est la différence existant entre les salaires agricoles et les salaires industriels qui est pour beaucoup dans l'abandon des campagnes, la dépopulation rurale, que l'on constatait au profit des agglomérations urbaines avant la guerre. Toutefois, l'augmentation des salaires sera peut-être malaisée à réaliser à la campagne aussi bien qu'ailleurs, précisément à cause de l'insuffisance des capitaux : c'est le capital qui avance le salaire, c'est le « fleuve où le salaire se puise », comme l'a dit si bien un de nos maîtres.

* *

Il ne faut pas maintenant trop compter sur le développement de l'apprentissage pour remédier à la crise de l'insuffisance de main-d'œuvre, puisque cette insuffisance a une cause tristement matérielle : ce sont les existences perdues. Il ne faut pas trop compter non plus sur le travail des femmes. Sans doute ont-elles rendu beaucoup de services pendant la guerre, et peut-on certainement les appliquer à une foule d'industries ; mais, si féministe que l'on puisse être, on est bien obligé de constater que la productivité du travail féminin est nettement inférieure à celle du travail de l'homme, pour une foule de raisons physiologiques et même psychiques ; et c'est le motif principal et rationnel pour lequel le salaire féminin a toujours été jusqu'ici inférieur au salaire masculin. C'est seulement dans certains métiers que la mise à contribution plus large de la femme pourra rendre des services, remplacer des bras absents. On ne doit pas non plus escompter beaucoup la main-d'œuvre fournie par les mutilés, cette main-d'œuvre ne pouvant point augmenter le nombre des travailleurs par rapport à ce qu'il était avant la guerre, mais diminuer le déchet, la proportion des bras manquants. Sans doute a-t-on généreusement et habilement organisé des ateliers d'apprentissage pour ces mutilés ; sans doute pourra-t-on les appliquer à beaucoup de métiers qui, au premier abord, paraissent invraisemblablement difficiles à des gens qui ne possèdent pas la totalité de leur puissance musculaire ou l'intégrité de leurs membres. Pour les travaux de la campagne, en dépit de ce que les Allemands affirment, en montrant d'admirables appareils qui donneraient des résultats merveilleux, il ne semble pas que les véritables mutilés puissent être employés aux travaux des champs, de la ferme, même à la conduite de beaucoup de machines agricoles.

On pourra chercher également comme remède partiel, comme atténuation très secondaire à la situation, à assurer une plus grande mobilité du travail, c'est-à-dire des travailleurs. Il s'agirait de faire quelque peu ce que les Belges avaient fait sur leur territoire, surtout au point de vue des industries métallurgiques et minières : créer des trains ouvriers logiquement établis, très fréquents, très rapides, permettant le déplacement vers les campagnes et vers les centres industriels de populations logées relativement loin de ces campagnes ou de ces centres. Aussi bien, ne faut-il pas perdre de vue que, là encore, il faudrait faire appel aux ressources d'un budget qui sera forcément très obéré ; car en Belgique les trains ouvriers ne payaient point, comme disent les Américains, et ces facilités de déplacement, très avantageuses pour les industries à la recherche de main-d'œuvre, n'étaient pas sans coûter au budget de l'Etat, par conséquent au contribuable.

Nous pourrions ajouter encore que, si l'on recherche dans l'importation de travailleurs venus du dehors un remède en France à la rareté de la main-d'œuvre, il ne faudrait pas se trouver en présence d'une opposition de principe, toujours à craindre d'après le passé, de la part des syndicats ouvriers désireux de protéger le travail national, comme on dit, de supprimer la concurrence possible, de demeurer maitres des salaires, en maintenant la rareté de l'offre de travail.

On peut dire que, sous toutes ces réserves, le remède le plus sûr encore sera le recours beaucoup plus large et méthodique à la machine dans ses applications les plus diverses. Mais encore faut-il qu'on ait le temps de fabriquer ces machines ; il importe essentiellement que cette fabrication se fasse très vite. Ce sera une grosse difficulté, en admettant même que l'on rende à nos usines, notamment du Nord et de l'Est, tous les appareils mécaniques dont on les a dépouillés méthodiquement ; c'est que, en cette matière même, on se heurte à la pénurie de main-d'œuvre contre laquelle il s'agit précisément de lutter. Que l'on n'oublie pas que, avant la guerre, il fallait déjà, pour répondre aux besoins du monde, une fabrication énorme de machines, puisque les exportations hors des principaux pays représentaient quelque chose comme 1.700 millions de francs, les importations dans les principaux pays consommateurs atteignant d'autre part 990.000000 francs, dont une bonne partie s'introduisait même dans des pays producteurs importants comme l'Allemagne, la France, la Belgique. (Au surplus

l'Allemagne était parmi les principaux pays exportateurs, et il serait bien cruel demain de faire appel à son industrie pour nous fournir ce dont nous avons besoin.) Certes, le matériel agricole était déjà fabriqué pour une valeur considérable en France, qui répondait partiellement aux besoins de notre marché et de notre industrie; mais il y a et il y aura surtout beaucoup plus à faire. Précisément 37 à 40 des plus grands ateliers de constructions français en la matière se trouvent dans les départements envahis et ont été en grande partie détruits.

Il est bien probable que, au point de vue qui nous préoccupe comme pour tout autre, l'électricité, la distribution du courant aux diverses machines à partir d'une station centrale de production de la force, distribution dans la campagne aussi bien aux charrues, aux appareils culturaux dispersés un peu de tous côtés que dans l'intérieur de la ferme, distribution aux métiers et machines de l'industrie domestique, de même qu'aux machines réparties à tous les étages des usines, est susceptible de rendre de très grands services. C'est en somme le véritable progrès technique avec centralisation, concentration du moins de la force motrice ; et comme trop souvent encore le muscle humain, la main-d'œuvre est mise à contribution pour fournir précisément cette force motrice, il est très possible qu'une utilisation élargie à tous égards du courant électrique moteur, complétant le courant électrique d'éclairage et d'élévation de température, permette d'atténuer, dans des proportions très considérables, les maux qui résulteront de la diminution de main-d'œuvre due à la guerre. Que l'on se rappelle par exemple la ferme modèle électrique qui avait été installée en 1912 au Concours central agricole d'Amiens, et l'on verra les applications innombrables de ce courant électrique et des machines qu'il est susceptible de commander, aux travaux culturaux, à l'industrie agricole entendue aussi largement que possible. Cette importance de la mise à contribution du courant électrique comme force motrice est d'autant plus grande que c'est surtout à la main-d'œuvre masculine que l'on demande les travaux de force, et que c'est elle précisément qui manquera.

En tout cela, du reste, il n'y aura que des atténuations à la crise de main-d'œuvre[1] qui suivra inévitablement la guerre ; mais c'est précisément parce que la plupart des remèdes que l'on y pourra trouver seront des remèdes d'assez longue haleine, nécessitant une véritable préparation antérieure, qu'il faut y songer dès maintenant, envisager le danger, essayer de combiner par avance tout ce qui nous permettra de reprendre notre puissance productrice. Ceci afin de réparer les pertes matérielles subies, et de reprendre dans le monde la place qui nous appartient, en essayant de chasser autant qu'il nous sera possible sur les marchés étrangers les produits et les marchandises de cette Allemagne qui avait rêvé la conquête du monde, conquête militaire et commerciale tout à la fois.

Daniel Bellet,
Professeur à l'Ecole des Sciences politiques
et à l'Ecole des Hautes Etudes commerciales,
Lauréat de l'Institut.

1. Notre éminent collègue, M. Arthur Girault, professeur à la Faculté de Droit de Poitiers, vient justement de publier, dans la *Revue d'Economie politique*, un article général fort intéressant sur la question des effets économiques et sociaux de la diminution de la population adulte mâle en Europe ; il admet que la législation limitative de la durée du travail sera atténuée avec consentement des travailleurs, que d'autres interventions législatives limiteront les salaires (ce qui ne poussera pas au travail). Il croit que la femme pourra se livrer dorénavant à bien des métiers faciles qu'elle ne pratiquait pas encore.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Loria (Gino), *Professeur à l'Université de Gênes.* — **Guida allo studio della Storia delle Matematiche** (Guide pour l'étude de l'Histoire des Mathématiques). — *1 vol. in-18 de 228 p. de la collection des « Manuels Hoepli » (Prix cart. : 3 lires). U. Hoepli, éditeur, Milan,* 1916.

Il y a 8 ans, dans une communication au IVe Congrès international des Mathématiciens, M. Gino Loria émettait l'idée que, pour accroître le nombre trop minime de ceux qui cultivent l'histoire des sciences exactes, un bon moyen serait de rédiger un guide ou manuel, destiné à éviter les incertitudes, les fausses routes et la perte de temps à ceux qui voudraient se consacrer à ce genre d'études. Non qu'il s'agisse de fabriquer artificiellement des historiens; mais il est possible et indiscutablement utile de recueillir et de coordonner tous les renseignements indispensables à ceux qui aspirent à contribuer utilement à nos connaissances sur l'évolution des idées et des méthodes dans les sciences mathématiques.

Ce projet, M. Loria l'a mis lui-même à exécution dans le petit volume qui vient de paraître dans la collection des Manuels Hoepli. Il se divise en deux parties.

Dans la première, l'auteur a rassemblé sous une forme très condensée tout ce que, d'après lui, doivent connaître ceux qui se destinent à l'histoire des Mathématiques; dans ce but, après quelques généralités sur la méthode historique considérée en soi et dans ses applications à la critique littéraire, il fait une revue rapide des ouvrages et des périodiques fondamentaux en histoire des Mathématiques et auxquels l'historien devra toujours se reporter pour les faits principaux et les lignes directrices.

Dans la seconde partie, M. Loria fait connaître les moyens qui sont à la disposition de quiconque veut entreprendre une nouvelle recherche historique dans une des branches des Mathématiques; ces moyens sont de trois espèces : les uns biographiques, les autres bibliographiques, les derniers critiques, et correspondent au fait que tout essai sur l'évolution d'une manifestation quelconque de la pensée humaine repose sur la double considération de l'homme qui pense et des écrits par lesquels il a enrichi le patrimoine de l'humanité. Quelques considérations finales montrent de quelle manière ces moyens doivent être mis en œuvre par celui qui se propose d'écrire un travail biographique ou historique.

Naturellement, l'ouvrage de M. Loria est bourré d'indications bibliographiques; les ouvrages cités appartiennent aux littératures grecque, latine, italienne, française, anglaise et allemande. A la fin de l'ouvrage se trouve une table de tous les auteurs cités, au nombre de près de 1500.

Ce petit guide, qui n'a, croyons-nous, aucun analogue dans aucune langue, rendra d'inappréciables services aux mathématiciens qui voudraient chercher à approfondir quelques points de l'histoire de leur science; il serait à souhaiter qu'on publiât d'autres manuels analogues pour toutes les autres branches de la science.

S. Lorier.

2° Sciences physiques

Sauveur (A.), *Professeur de Métallurgie et Métallographie à Harvard University.* — **The Metallography and Heat Treatment of Iron and Steel** (La métallographie et le traitement thermique du fer et de l'acier). *2e édition. — 1 vol. gr. in-8° de 486 p. avec 438 fig. (Prix cart. : 6 dollars). Sauveur et Boylston, éditeurs, Cambridge (Mass.),* 1916.

Dans le numéro du 30 août 1913 de cette Revue, nous rendions compte du fort beau volume publié par M. Albert Sauveur sur la métallographie du fer et de l'acier. Une seconde édition, mieux ordonnée si l'on peut dire, plus complète et tenant compte des travaux les plus récents, vient d'être publiée. Pour mieux indiquer les progrès dont il s'inspire, l'auteur en a changé le titre, montrant ainsi que l'une de ses plus importantes préoccupations s'est trouvée dans la question du traitement du métal à température élevée, qu'il s'agisse du travail mécanique, du recuit, de la trempe et de ses théories, ou de la cémentation, appliqués aux aciers ordinaires et aux aciers spéciaux.

Les éditeurs ont conservé à ce beau volume les caractéristiques qui lui ont donné une valeur toute spéciale : impression très soignée, photographies extrêmement nettes.

Léon Guillet,
Professeur au Conservatoire national des Arts et Métiers.

Gillett (H.-W.), *Chimiste des alliages au Bureau des Mines.* — **Brass-Furnace practice in the United States.** — *1 vol. in-8° de 298 pages avec 23 fig. et 2 pl. (Prix : 45 cents). Bulletin 73 du Bureau of Mines, Government Printing Office, Washington,* 1914.

En France, quand l'Etat se mêle des affaires de l'industrie privée, il n'agit jamais que dans un intérêt social : réglementation de la main-d'œuvre, mesures de protection, etc. Quant aux questions qui de loin ou de près touchent le patron, l'amélioration de son outillage ou de ses procédés, il n'en tient aucun compte. Aux Etats-Unis, au contraire, le Service des Mines de Washington se livre à de nombreuses enquêtes industrielles dans le but de concentrer les renseignements sur les divers procédés appliqués, de comparer les résultats au point de vue de la qualité et du prix de revient, et d'en tirer des conclusions pratiques qui serviront aux chefs d'industrie pour améliorer, s'il y a lieu, le matériel ou les méthodes, desquels ils s'étaient contentés jusqu'alors.

Le Bulletin 73 se rapporte à une enquête menée chez les fabricants de laiton en vue de réduire le plus possible les pertes en métal et en combustible. La question a son importance en Amérique, où il existe plus de 3.600 usines pour la fusion du bronze et du laiton. Pour beaucoup d'entre elles, les pertes en métal, sous forme de vapeurs de zinc, ou d'oxydes, dépassent 5 %. En outre, avec les fours et systèmes de chauffage employés, 90 à 95 % des calories restent inutilisés, au point que, en présence du gros tonnage d'alliages de cuivre fabriqués aux Etats-Unis, M. Parsons, chef du Bureau technique des Mines, évalue à plus de deux millions de dollars les économies annuelles qu'on pourrait réaliser par une pratique meilleure.

L'administration de Washington a donc adressé un long questionnaire à tous les membres de l'*American Institute of Metals*, ainsi qu'aux directeurs de fonderies et laminoirs de laiton d'une certaine importance et existant dans 28 Etats, principalement dans ceux de New-York, Pensylvanie, Illinois, Connecticut, etc.

Les renseignements fournis par les réponses aux questionnaires envoyés ont été complétés par des visites effectuées dans 80 fonderies et laminoirs de 13 Etats. Trois usines seulement refusèrent d'admettre les inspecteurs. D'une façon générale, on peut dire que les fonderies ont montré, à l'enquête, un intérêt plus grand que les laminoirs.

Le nombre de fours potagers dépasse beaucoup celui des fours basculants, mais comme ces derniers ont généralement une plus grande capacité et sont employés par des firmes plus importantes, on peut admettre qu'à l'exception du laiton jaune, la plus grande partie du laiton provient surtout de ce dernier type de four. Pour fondre les bronzes, laitons rouges et autres alliages pauvres en zinc, on emploie tous les types de four. Pour les autres, tels que laiton jaune et bronze manganésé, où il y a lieu de tenir compte de la grande volatilité du zinc, on reste fidèle aux fours à charbon ou à coke, à tirage naturel, c'est-à-dire à des fours où les gaz, circulant au-dessus de la surface du métal, ont une faible vitesse. Avec des alliages à 15 à 20 % de zinc, dits demi-jaune ou demi-rouge, les fours à flamme d'huile conviennent, la grande vitesse de fusion compensant dans une large mesure la perte en métal.

La proportion de zinc volatilisé pour un poids donné de métal dépend de la température, du volume et de la nature du creuset, de la surface de métal exposée au gaz, du temps. Quant au rendement théorique du four, il correspond au rapport des calories absorbées par le métal à celles fournies par le combustible. Mais il y a lieu de le distinguer du rendement industriel, qui est corrélatif du prix de revient réalisé, et qui dépend non seulement de la consommation de combustible, mais aussi de celle des creusets et de la perte. En réalité, l'enquête s'est attachée à comparer plutôt les fonderies que les fours.

Le Bulletin passe en revue les facteurs généraux qui affectent la fusion de tous les alliages de cuivre contenant du zinc. Vient en premier lieu la volatilité du zinc, métal qui bout à 920° C. environ et qui déjà, lors de son point de fusion à 418° C., dégage une vapeur dont la tension est très appréciable. Les alliages qui contiennent du zinc perdent ce métal très facilement à haute température. Aussi quelques laminoirs ou fonderies pour moulages minces coulent le laiton à une température très voisine du point d'ébullition, sortant le creuset du four aux premiers signes d'ébullition.

La vitesse des gaz balayant la surface du métal joue aussi son rôle : dans un four fermé, sans passage de gaz, par exemple dans un four chauffé électriquement, il y a très peu de perte. D'autres facteurs sont la pression des gaz au-dessus de la surface du métal fondu, le fondant utilisé pour raffiner les déchets (sel, silice ou verre cassé, charbon de bois cru, jetés à la surface du métal), l'occlusion des gaz dans le métal fondu, la vitesse de la fusion (à ce point de vue un four cylindrique est préférable à un four rectangulaire). Il est certain que plus grande est la charge, meilleur est le rendement du combustible, et plus grande est la vitesse. Malheureusement, un grand creuset dure moins longtemps qu'un petit. De plus, un creuset est plus fragile dans un four basculant que dans un four potager.

Un chapitre important concerne la durée des creusets, la façon dont il faut les traiter dans la fonderie, puis on arrive à l'étude de la construction des fours en vue de leur durée, et de la consommation de combustible. On compare les fours ronds avec les fours carrés, les fours à charbon et à coke, à tirage naturel et à tirage forcé, l'emploi du coke dur et du coke dépourvu de ses sous-produits, l'emploi des combustibles liquides et gazeux, gaz naturel, gaz de gazogène, etc... et enfin les fours à sole, à réverbère et les fours électriques. On mentionne également le nouveau mode de chauffage au charbon pulvérisé, ainsi que l'usage des pyromètres et des compteurs d'huile qui sont de pratique courante.

Le Bureau des Mines recherche ensuite quels sont les problèmes qui attendent encore une solution, et il émet le vœu que l'on arrive à déterminer la température de coulée propre pour chaque alliage, les meilleurs produits réfractaires à employer dans les fours, et les meilleurs flux, le moyen d'utiliser la chaleur perdue soit pour chauffer d'avance le métal ou les creusets, soit pour chauffer l'air de combustion, l'huile et le gaz combustible, les moules ou noyaux de la fonderie, les chaudières à vapeur pour la force motrice, l'eau d'alimentation des chaudières, le moyen de recueillir le charbon et le coke des cendres, la préparation des copeaux ou déchets, le briquetage de ces copeaux et la façon de les traiter. Il signale enfin l'intérêt que les établissements de fusion du laiton trouveraient à s'attacher un ingénieur chimiste métallurgiste, chargé de la direction scientifique de l'usine.

En résumé, le choix propre des fours dépend des alliages à fabriquer, de la qualité recherchée, des quantités et du coût des combustibles et de l'électricité. Il n'existe pas de meilleurs fours. Il y a des types meilleurs pour un alliage qu'on se propose de faire et pour le pays où l'on est.

Pour terminer, le Bulletin examine les causes de maladies professionnelles et les moyens de préserver la santé et la sécurité des ouvriers. Il remarque que, si beaucoup d'usines font déjà passer cette question avant les profits, il reste encore beaucoup à faire dans ce sens. Les dangers contre lesquels on doit combattre sont la chaleur excessive, les fumées et les poussières. La maladie que l'on appelle « Brass Schakes » est surtout causée par les oxydes de zinc ou plutôt de cadmium, et ce sont les ouvriers de 20 à 40 ans, alcooliques, qui y sont le plus sujets. Les moyens préventifs sont l'emploi des couvercles pour la coulée, de masques respiratoires, mais surtout d'une ventilation abondante. Pour éviter les brûlures et leurs conséquences, on oblige les ouvriers à porter des tabliers d'asbeste et des chaussures à élastiques. Quant aux appareils protecteurs adaptés aux machines : scies, meules à émeri, broyeurs à scories, trappes, mélangeurs, ils sont identiques à ceux employés en France. Enfin le Bureau des Mines recommande, au point de vue de l'hygiène, des salles de bains, réfectoires et un service médical bien organisé, etc.

On peut voir, par cette énumération déjà longue, avec quel soin l'enquête fut conduite par l'Administration américaine, soucieuse non seulement d'apporter le plus grand bien-être aux ouvriers, mais également de procurer à la direction de l'affaire des conseils techniques qui lui permettront d'abaisser son prix de revient, et par conséquent de développer son industrie et les capitaux ayant servi à l'édifier.

E. Demenge.

3° Sciences naturelles

Girola (Carlos D.), *Ingénieur agronome.* — **El cultivo del mate (Ilex paraguariensis St-Hil.).** — *2 broch. in-8° de 27 et 25 p. avec fig. Talleres gráficos Sesé, La Plata*, 1914-1915.

La consommation mondiale du maté dépasse aujourd'hui 100.000 tonnes, dont 60.000 pour la seule République Argentine, qui en importe plus des 5/6. La culture intensive de la « yerba mate » ne présenterait cependant pas de grandes difficultés dans ce dernier pays; aussi M. Girola y a-t-il consacré quelques leçons de son cours de Cultures industrielles professé à la Faculté d'Agronomie de l'Université de La Plata, et ce sont ces leçons qu'il publie aujourd'hui en brochures.

La première est consacrée aux divers moyens à employer pour reproduire ou multiplier l'*Ilex paraguariensis*, dont le plus facile et le plus économique paraît être encore de semer les graines fraîches, ou les graines sèches ayant subi un traitement approprié (immersion dans l'eau fraîche ou chaude, ou des solutions acides ou alcalines). La seconde donne des détails sur la plantation et la transplantation, les soins à donner pendant la végétation, les accidents et maladies auquel la plante est exposée et leur traitement.

A la lumière de ces renseignements, il serait intéressant de voir si la culture du maté ne peut pas être introduite dans quelques-unes de nos colonies.

L. P.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 10 Avril 1916

1° Sciences mathématiques. — **M. Ch. Lallemand** : *Sur un projet de modification de l'heure légale.* L'auteur discute la proposition faite récemment en France d'avancer systématiquement d'une heure les horloges pendant l'été. Après avoir rappelé les règles astronomiques qui président à la mesure du temps et à la définition de l'heure, il montre les inconvénients du nouveau projet : 1° avance excessive de l'heure nouvelle sur le temps vrai dans les régions situées à l'Ouest (avance qui atteindrait 1 h. 32 min. à Brest); 2° obligation de garder l'heure normale pour les besoins de la science et de la navigation, comme pour les relations internationales. Les avantages de la réforme, qui consisteraient surtout dans une économie d'éclairage et dans une vie plus conforme aux lois de l'hygiène parce que passée plus complètement à la lumière du jour, seraient, d'après M. Lallemand, insignifiants et pourraient être obtenus beaucoup plus rationnellement par de simples ordonnances municipales avançant d'une heure l'extinction de l'éclairage public et la fermeture des lieux publics[1].

2° Sciences physiques. — **M. Paul Gaubert** : *Sur une modification cristalline du soufre se présentant en sphérolites à enroulement hélicoïdal.* L'auteur a observé dans la modification du soufre qui se produit lorsque ce métalloïde a été chauffé au-dessus de 120°, puis refroidi brusquement, une nouvelle catégorie de sphérolites formés par des fibres très fines à enroulement hélicoïdal. Ils offrent de nombreuses variétés de structure, dues à ce qu'ils peuvent être composés non seulement de secteurs dont les fibres ont un enroulement hélicoïdal différent, mais aussi de fibres enroulées et de fibres simples. Il est cependant possible d'obtenir des sphérolites parfaits dont les particules cristallines sont enroulées autour de l'indice moyen n_m. Etant donné que l'enroulement hélicoïdal des fibres a été presque toujours constaté dans des substances possédant le pouvoir rotatoire, ou inactives mais alors cristallisant avec un corps actif, il est permis de supposer que les cristaux de soufre de la modification étudiée ici appartiennent à la classe énantiomorphe des systèmes rhombique ou monoclinique (le système n'a pu encore être déterminé); cette modification peut posséder le pouvoir rotatoire.

3° Sciences naturelles. — **M. R. Blanchard** : *Sur l'existence à Grenoble d'un verrou glaciaire.* On retrouve d'importants débris d'un ancien verrou glaciaire sur chaque rive de l'Isère aux environs de Grenoble. Sur la rive gauche, le verrou comporte une barre de calcaires sénoniens dépendant d'un synclinal peu accentué (Vouillant), qui fait suite à l'anticlinal de Sassenage, et relevés au-dessus d'une faille qui descend de la Montagne des Trois-Pucelles vers la plaine. Ce verrou (Pariset) se termine au-dessus de la plaine alluviale par une falaise peu élevée, avivée et rafraîchie par l'érosion latérale du Drac. Sur la rive droite, la montagne de la Bastille représente le complément de l'obstacle que le verrou de Pariset tendait au travers de l'entrée de la cluse. Cet obstacle, qu'on peut dans son ensemble désigner sous le nom de verrou de Grenoble, devait obstruer la vallée et déterminer en amont l'existence d'un ombilic, ce qui explique les énormes épaisseurs d'alluvions rencontrées par les sondages opérés sous Grenoble. — **M. Henri Devaux** : *Action rapide des solutions salines sur les plantes vivantes ; déplacement réversible d'une partie des substances basiques contenues dans la plante.* Une plante aquatique, soigneusement lavée à l'eau distillée, est mise à macérer dans une solution contenant un sel alcalin; au bout de 30 minutes, on constate qu'une action décalcifiante déjà prononcée s'est produite, les réactifs montrant la présence du calcium dans la solution alcaline; cette action décalcifiante est accompagnée de la fixation sur la plante d'une portion du métal alcalin. Ce phénomène est réversible, car la plante déjà traitée, mise dans une solution d'un sel de calcium, rejette le métal alcalin qu'elle avait fixé. Il existe une similitude remarquable entre les propriétés absorbantes du sol à l'égard des solutions salines et celles que présentent les plantes vivantes. Dans les deux cas, la fixation porte essentiellement sur les bases, et ces bases peuvent se chasser les unes les autres avec réversibilité. — **M. G. André** : *Sur les relations qui existent entre la présence du magnésium dans les feuilles et la fonction d'assimilation.* Le poids absolu du Mg organique augmente depuis le mois d'avril jusqu'au mois de mai chez les feuilles de marronnier et de lilas. Ensuite, ce poids décroît à peu près régulièrement. Etant donné le rôle que Mg joue dans la molécule de la chlorophylle, il est probable que le moment où ce métal est le plus abondant correspond à l'activité maxima de la fonction d'assimilation. — **M. J. Courtier** : *Variations de la température périphérique du corps pendant les suggestions de chaleur et de froid.* A l'état normal, chez un individu qui éprouve la *sensation de froid*, le rayonnement calorique diminue sous l'influence d'une vaso-constriction périphérique; au contraire, pendant les *suggestions de froid*, le bolomètre placé sur la peau indique une plus forte émission thermique. A l'état normal, pendant la *sensation de chaleur*, le rayonnement calorique augmente sous l'influence d'une vaso-dilatation périphérique; pendant les *suggestions de chaleur*, le bolomètre indique une émission thermique moindre. En réalité, pendant l'impression (réelle ou suggérée) de froid, les combustions augmentent, tandis qu'elles diminuent pendant l'impression (réelle ou suggérée) de chaleur. Mais la suggestion ne s'accompagne pas des réflexes de défense vaso-moteurs de l'organisme, de sorte que les variations observées de la température périphérique correspondent à des variations de la température centrale. — **M. J. Havet** : *Relations de la névroglie avec l'appareil vasculaire chez les Invertébrés.* L'auteur a décelé l'existence de cellules névrogliques, en nombre considérable, dans les centres nerveux et dans toutes les parties de la chaîne nerveuse des Vers. On observe des cellules névrogliques protoplasmiques et des cellules névrogliques fibreuses. Les premières sont en relations intimes avec la paroi des vaisseaux; les secondes sont en contact avec cette paroi ou lui forment une sorte d'enveloppe. Les cellules névrogliques protoplasmiques et fibreuses enveloppent pour ainsi dire chaque cellule nerveuse ganglionnaire. — **M. F. d'Hérelle** : *Contribution à l'étude de l'immunité.* Les corps de microbes tués par les essences, l'essence de moutarde en particulier, constituent des vaccins réels capables d'immuniser un animal contre une maladie à laquelle il est naturellement sensible : en l'espèce la souris contre la maladie causée par le *B. typhi murium* type B. Une seule injection vaccinante est suffisante pour conférer une immunité solide, permettant à l'animal de résister à l'ingestion de plusieurs centaines de doses mortelles de bacilles virulents. Une injection unique ou des injections répétées d'un nombre de germes tués trop considérable

1. Nous rappelons que cette question a déjà fait l'objet d'une discussion étendue dans nos colonnes. Voir A. A. W. Hubrecht : Avantages économiques et hygiéniques d'un nouveau changement d'heure en France, dans la *Revue* du 15 décembre 1912. L'auteur conclut d'une façon opposée à M. Lallemand.

ne confèrent qu'une immunité relative ou ne confèrent même aucune immunité si l'on dépasse une certaine dose. — M. M. **Beaussenat**: *Plaie du cœur par balle de shrapnell.* Chez un soldat qui avait reçu une balle de shrapnell dans le ventricule droit, l'auteur a pratiqué la cardiotomie et l'extraction du projectile. Les suites immédiates ont été très pénibles et très inquiétantes, mais actuellement l'état général est parfait et le malade n'accuse qu'une légère dyspnée quand il marche vite. A l'auscultation, le cœur paraît normal.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 11 *Avril* 1916

M. M. **Perret** : *Résultats obtenus par l'emploi de la méthode de Carrel en chirurgie de guerre.* L'auteur a reçu dans son ambulance, du 27 août au 17 décembre 1915, 111 blessés tous sérieusement touchés, dont 78 avaient des lésions des parties molles et 33 des lésions osseuses. Tous ont été traités dans le plus bref délai par la méthode de Carrel : les plaies ont été largement débridées, de façon à être complètement nettoyées et débarrassées de tous les corps étrangers qui les souillent, puis irriguées avec le liquide de Dakin. Dans ces conditions, aucun blessé n'a succombé; les 111 malades sont aujourd'hui guéris et bien portants. Tous ont conservé leurs membres; aucune amputation n'a été nécessaire. La méthode de Carrel devrait donc être généralisée rapidement en chirurgie de guerre.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 1er *Avril* 1916

Mmes **M. Lapicque** et **C. Veil** : *Absence du « tout ou rien » sur le cœur arrêté par le curare.* A une certaine dose, le curare arrête les mouvements spontanés du cœur; à partir de ce moment, le myocarde est excité à la façon d'un muscle strié ordinaire : des excitations d'intensité croissante produisent d'abord une réponse minima (seuil), puis des réponses croissant graduellement avec l'intensité de l'excitation jusqu'à un certain maximum. D'après M. **L. Lapicque**, ce phénomène paradoxal s'explique en admettant que le curare à haute dose a supprimé l'intercommunication des éléments musculaires du myocarde. — Mmes **M. Lapicque** et **C. Veil** : *Modification de la loi polaire de l'excitation du myocarde sous l'influence du curare.* Les auteurs ont constaté que l'action du curare sur le cœur produit une inversion de la formule polaire avec augmentation corrélative de la chronaxie. — M. **J. Nageotte** : *Note sur les fibres à myéline et sur les étranglements de Ranvier, chez certains Crustacés.* L'auteur a observé que toutes les fibres nerveuses, sauf celles des nerfs vasculaires et intestinaux, sont pourvues de myéline chez le *Palæmon* et quelques autres Crustacés. Tant que ces fibres nerveuses ont un diamètre notable, leur forme est rubanée et non cylindrique. La myéline s'amincit progressivement au voisinage des étranglements, mais ne s'interrompt pas à leur niveau. Il existe au niveau de chaque étranglement un anneau de Ranvier, en forme de virole allongée. L'étranglement est complètement inclus dans un corps cellulaire creux. — M. **Ed. Retterer** : *De l'origine et de l'état du fer dans les hématies des Mammifères.* Le fer des noyaux en voie de transformation hémoglobique est encore en combinaison peu stable avec le nucléo-protéide et donne aisément la réaction du bleu de Prusse. Lorsque toute la chromatine s'est convertie en hémoglobine, le fer est fusionné d'une façon si intime avec le composé protéique qu'il est nécessaire de désorganiser l'hématie pour le déceler. — M. **H. Bierry** : *Préparation et stérilisation de quelques milieux de culture albumineux.* Le plasma sanguin, le sérum sanguin, le sang dilué, le liquide d'ascite (dilué ou non), additionnés de faibles ou fortes doses d'alcali (NaOH) ou d'acide (HCl), peuvent être portés sans coaguler à l'autoclave à 112°. Suivant le temps de chauffe, la dose et la nature de l'agent hydrolysant, on obtient des milieux différents, riches en alcalialbumines ou acidalbumines, contenant des acides aminés, renfermant ou non des hydrates de carbone, qu'on peut utiliser comme milieux de culture après les avoir ramenés à un état très voisin de la neutralité. — MM. **M. Garnier** et **L. Magnenand** : *L'élimination par l'urine des pigments biliaires au cours des ictères infectieux.* L'élimination urinaire des pigments biliaires continue souvent longtemps après que les fèces ont repris leur coloration normale et que le stercobiline et le stercobilinogène s'y trouvent à nouveau en quantité notable. Cette élimination est parfois intermittente, surtout à la période terminale de la maladie; elle se prolonge souvent plusieurs jours à l'état de traces. Elle s'arrête plus ou moins longtemps avant que la peau et les muqueuses aient repris leur teinte habituelle; parfois elle dure encore quand les téguments ne sont déjà plus colorés par la bile. — M. M. **de Kervily** : *L'origine des cellules vasculaires libres du stroma des villosités placentaires chez la femme.* Les cellules vasculaires du stroma des villosités placentaires ne sont pas des leucocytes provenant du sang. Elles tirent leur origine d'une modification sur place des cellules conjonctives du stroma et peuvent encore se multiplier par division directe. — MM. **L. Tribondeau**, **M. Fichet** et **J. Dubreuil** : *Procédé de coloration des liquides organiques et de leurs parasites.* Il est basé sur l'emploi d'éosinate de bleu de méthylène à l'argent et d'éosinate de bleu de méthylène ordinaire, dissous ensemble dans de l'alcool glycériné. Les auteurs décrivent en détail la technique de préparation du colorant et de son mode d'emploi. — MM. **R. Guyot** et **C. M. Roques** : *L'eau de mer isotonique ionisée pour le pansement des plaies de guerre. Un nouvel ozoneur.* L'eau de mer ramenée à l'isotonie par dilution avec de l'eau stérilisée, et stérilisée elle-même par ozonisation avec un appareil conçu par les auteurs, a été employée, sous forme de compresses et de lavages, au pansement des plaies superficielles, des plaies profondes, et des plaies en séton, sur des plaies compliquant des fractures et sur des plaies infectées par des débris de vêtements. Ces applications ont montré une action cicatrisante rapide.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 17 *Mars* 1916

M. **A. Guillet** : *Représentation complète des éléments d'un phénomène harmonique amorti. Application à la théorie des appareils commandés par voie d'impulsion.* La loi harmonique amortie $u = ae^{-\lambda t} \sin \omega t$, si importante, comporte, à côté du diagramme habituel, une représentation particulièrement expressive que M. Guillet développe en détail. Au moyen de celle-ci, l'auteur traite plusieurs problèmes classiques relatifs aux équipages oscillants. Il indique différents moyens d'agir périodiquement, d'une manière instantanée et invariable, sur un équipage oscillant ; il décrit et fait fonctionner divers appareils qu'il a construits dans ce but, puis il appelle l'attention sur les conditions expérimentales à réaliser selon que l'on a en vue la mesure du temps ou celle de quelque autre des nombreuses grandeurs pouvant être liées aux phénomènes oscillatoires. Enfin, il envisage le cas où l'équipage est commandé par des impulsions identiques ε de période quelconque θ et en donne la solution, qu'il applique au cas d'un équipage maintenu par des chocs répétés au voisinage de la position X_0.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 17 *Février* 1916

SCIENCES NATURELLES. — MM. **A. R. Cushny** et **S. Yagi** : *L'action du venin de cobra.* On admet généralement que l'action du venin de cobra s'exerce en partie sur le système nerveux central, en partie sur les terminaisons des nerfs moteurs. Les auteurs montrent qu'il n'y a, en réalité, aucun symptôme d'action nerveuse

centrale, soit chez les animaux à sang froid, soit chez les animaux à sang chaud, et que la mort provient de la paralysie des terminaisons nerveuses motrices dans le muscle strié. Chez la grenouille, elle est accompagnée par le ralentissement et finalement l'arrêt de la circulation par une action directe sur le cœur. Chez les Mammifères, l'arrêt de la respiration est dû à la paralysie des terminaisons nerveuses respiratoires, mais elle est souvent accompagnée par l'inhalation de salive qui accélère l'asphyxie. Le cœur est également affaibli par des quantités de venin plus fortes que la dose léthale minimum. Un certain nombre d'antidotes ont été examinés sans grand succès : aucun ne paraît capable de déplacer le venin de ses combinaisons dans les tissus. L'action du venin de cobra sur les organes périphériques consiste dans une phase préliminaire de stimulation suivie de paralysie du muscle, strié ou non. Ce phénomène est commun à toute espèce de muscle, quelle que soit son innervation, de sorte qu'il ne peut être attribué à l'action sur les extrémités nerveuses. Les ganglions sympathiques et l'épithélium sécrétoire ne paraissent pas affectés par le venin. — M. **L. Doncaster** : *Gamétogenèse et détermination du sexe chez la mouche des galles : Neuroterus lenticularis*. III. Chez le *Neuroterus lenticularis*, il existe deux générations dans l'année[1] : des femelles agamiques apparaissent au commencement du printemps, puis des femelles et des mâles sexués au commencement de l'été. Des travaux antérieurs ont montré que chaque femelle agamique a une descendance uniquement mâle ou femelle, et l'objet du présent travail a été de découvrir la nature de la différence entre ces deux classes de femelles agamiques. L'expérience montre que chaque femelle sexuée individuelle a de petits-enfants exclusivement ou presque exclusivement d'un sexe. Les galles produites par les femelles sexuées ont été entourées d'un filet, chaque filet contenant les galles dérivées d'un parent femelle; dans les filets contenant les galles provenant de 6 femelles, on a trouvé 4235 mâles et 83 femelles, tandis que dans les filets renfermant les galles de 6 autres femelles, il y avait 5139 femelles et 117 mâles. La moitié environ des filets ne présentaient pas d'exceptions, et il est probable que, dans les autres, les exceptions étaient dues aux œufs de mouches sauvages posés à travers les mailles du filet. Deux causes cytologiques possibles peuvent rendre compte du fait que quelques femelles sexuées produisent seulement des descendants donnant naissance à des mâles, tandis que d'autres produisent seulement des descendants donnant naissance à des femelles. Si chaque mouche s'accouple une seule fois, la différence peut dépendre de l'existence de deux sortes de mâles; ou bien elle peut provenir de différences dans le processus de maturation des œufs déposés par les deux classes de femelles sexuées. On n'a pu déceler aucune différence cytologique dans la spermatogenèse de divers mâles. Les phénomènes de maturation des œufs (environ 300) de 15 femelles séparées ont été examinés, mais, quoiqu'ils semblent se répartir entre deux types assez distincts, les différences ne sont pas assez considérables pour qu'on puisse les relier en toute confiance aux phénomènes de sexualité. Les processus de maturation des œufs sont remarquables et diffèrent considérablement des types ordinaires de mitoses. La première division a lieu par étirement de filaments (probablement doubles) de chaque côté du noyau ; le reticulum est absorbé par ces bâtonnets, qui forment deux groupes de chromosomes parallèles sur un fuseau. Ces chromosomes se divisent ensuite, probablement longitudinalement, en donnant naissance au groupe qui forme le noyau de l'œuf et trois groupes de chromosomes polaires. — MM. **J. C. Bose** et **S. C. Das** : *Recherches physiologiques avec des préparations de pétiole et de pulvinus de Mimosa pudica*. Les auteurs montrent qu'une préparation isolée de pétiole et de pulvinus de Mimosa peut être employée pour des recherches sur l'excitabilité aussi bien qu'une préparation de nerf et muscle de grenouille. En isolant cette préparation de la plante, le choc opératoire la paralyse d'abord. Mais on peut, dans certaines conditions, restaurer l'excitabilité et la maintenir uniforme pendant plus de 24 heures, après quoi survient une dépression; la chute de l'excitabilité devient très rapide 40 heures après l'opération, et la sensibilité disparaît finalement vers la 50e heure. Pour déterminer le rôle joué par les différentes parties du pulvinus dans la réponse à l'excitation, les auteurs ont enregistré ces réponses après avoir pratiqué l'amputation de la moitié supérieure et de la moitié inférieure du pulvinus. On trouve que l'excitabilité de la partie supérieure est 80 fois plus grande que celle de la partie inférieure. Les agents chimiques produisent des changements caractéristiques de l'excitabilité. Les réponses présentent de la fatigue quand la période de repos diminue. Le passage d'un courant constant fait disparaître la fatigue. La réponse est renforcée par exposition à la lumière et diminuée dans l'obscurité. La lumière exerce une stimulation directe sur le pulvinus, indépendante de la photosynthèse.

1. Voir la *Revue gén. des Sc.* du 15 février 1910, p. 131, et du 30 juin 1911, p. 509.

Séance du 24 Février 1916

Sciences physiques. — M. **W. M. Thornton** : *L'inflammation des gaz par les décharges électriques impulsives*. L'auteur considère d'abord l'inflammation des gaz par la décharge impulsive comme une fonction de la longueur de l'étincelle. Plus celle-ci est faible, plus l'étincelle est grosse, de sorte que les volumes des plus faibles étincelles d'allumage sont, dans un cas typique, les mêmes pour toutes les longueurs d'étincelle. L'ignition peut se produire avec une décharge en balai intense et momentanée, mais elle a lieu généralement avec la vraie étincelle disruptive. Les produits de la combustion sont ionisés et portent une charge positive. Les gaz étudiés ont été des mélanges avec l'air d'hydrogène, méthane, propane, pentane, éthylène, acétylène, oxyde de carbone, cyanogène, gaz d'éclairage, et de volumes égaux d'H et CH^4. L'hydrogène, le propane, le pentane et CO s'enflamment de plus en plus difficilement à mesure que la proportion d'oxygène diminue; le méthane est enflammé par la même étincelle quel que soit le pourcentage du gaz; l'acétylène et le cyanogène ont le type d'inflammation atomique en étage; l'éthylène est plus inflammable dans les mélanges riches. Les limites d'inflammabilité des paraffines sont atteintes : la limite supérieure quand le volume du gaz combustible est le double de celui qui existe dans le mélange à combustion parfaite, la limite inférieure quand le volume de l'oxygène est le double de celui qui assure la combustion parfaite moins un atome par molécule. — MM. **F. P. Burt** et **E. C. Edgar** : *Les volumes relatifs de combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène*. Les gaz étaient mesurés successivement dans une pipette à pression constante à 0°C. et sous 760 mm. de pression. Les auteurs ont fait six séries d'expériences, 5 avec l'hydrogène en excès et une avec l'oxygène en excès. Tantôt l'oxygène et l'hydrogène étaient préparés par électrolyse d'une solution d'hydrate de baryum; tantôt l'oxygène était obtenu en chauffant du permanganate de potassium. Les deux gaz étaient ensuite soigneusement purifiés. La valeur moyenne finale du rapport des volumes de combinaison à 0°C. et sous 760 mm. est de 2,00288; elle ne diffère de la valeur de Scott (2,00285) que de 3/200.000e. Le poids atomique résultant pour l'hydrogène (O = 16), calculé d'après la valeur de Morley pour le rapport des densités (0,089873/1,42900), est 1,00772, peu différent de la moyenne arithmétique des valeurs de Morley et de Noyes (1,00762 et 1,00787).

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 10 30 MAI 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Mathématiques

L'Institut mathématique des époux Mittag-Leffler. — Le 16 mars dernier, le grand mathématicien suédois M. G. Mittag-Leffler et Mme Mittag-Leffler ont fait connaître leur intention de léguer à leur mort tous leurs biens à une fondation qui prendra le nom d'Institut mathématique des époux Mittag-Leffler. Voici quelques extraits du testament des deux donateurs, qui déterminent le caractère de cette nouvelle fondation et peuvent être pris comme exemple de large et intelligente libéralité :

« Cet Institut aura pour tâche de conserver aux Mathématiques *pures* et de développer encore, dans les quatre pays scandinaves, Suède, Danemark, Finlande et Norvège, mais tout particulièrement en Suède, la position qu'elles y occupent aujourd'hui, comme aussi de faire connaître et estimer à sa juste valeur, en dehors de leur frontières, l'apport de ces pays dans la sphère la plus haute de la vie de l'esprit.

« Nous proscrivons expressément, dans l'accomplissement de cette tâche, toute considération autre que celles qui viennent d'être indiquées. Il ne devra être tenu compte, par conséquent, ni des relations personnelles d'amitié, ni du désir de prêter à qui que ce soit, dans des circonstances difficiles, un appui pécuniaire. Il ne devra pas être tenu compte davantage de vœux ou de besoins pratiques, de questions d'examen, des opinions politiques, ou de considérations qui pourraient être tirées de sciences autres que les Mathématiques *pures*.

« *L'Institut s'acquittera de sa tâche* :

« 1° En vouant des soins attentifs à l'entretien et à l'enrichissement de la bibliothèque mathématique du soussigné G. Mittag-Leffler, avec tout ce qui y appartient en fait de manuscrits, de portraits, de collections de famille, de souvenirs de famille et d'autres objets.

« La bibliothèque continuera d'être déposée dans la grande villa de pierre, sise dans notre propriété du quartier N° 16, dit Midgard, à Djursholm, et ne devra être incorporée à aucune autre collection de livres. La villa a été édifiée et aménagée en vue de servir de local à la bibliothèque et contient, à cet effet, plusieurs chambres de travail où les chercheurs pourront utiliser en toute tranquillité les ressources de la bibliothèque.

« La partie peu considérable de la villa servant actuellement de logement sera, après notre mort, également affectée à la bibliothèque.

« La bibliothèque sera ouverte à tous les mathématiciens, mais, pour éviter des abus, sur autorisation du président du Comité directeur ou du directeur de l'Institut. Les livres ne pourront pas être emportés au dehors et ne devront être utilisés que dans les locaux de la bibliothèque.

« 2° En accordant des bourses, pour des études dans leur pays ou hors de leur pays, à des jeunes gens des deux sexes appartenant aux quatre pays susnommés et ayant fait preuve d'aptitudes réelles pour les recherches et les découvertes dans le domaine des Mathématiques *pures*.

« En outre, les ouvrages d'une importance jugée supérieure à la moyenne, ayant pour auteurs des ressortissants de ces quatre pays, pourront faire l'objet d'une distinction, qui consistera en une médaille d'or, du même module et du même titre que la petite médaille Nobel et, tant que des exemplaires s'en trouveront disponibles, en une série aussi complète que possible des *Acta Mathematica*, dont les volumes, munis d'une belle reliure, porteront le nom de l'auteur couronné.

« 3° En décernant des prix pour les découvertes réellement dignes de ce nom dans le domaine des Mathématiques *pures*. Ces prix devront être donnés sans égard à la nationalité du lauréat. Celui-ci pourra appartenir à n'importe quel pays, et les ressortissants des quatre pays scandinaves ne jouiront, sur ce point, d'aucun privilège. Le prix ne devra être décerné que pour une découverte apportant des idées neuves d'une portée telle que la science en reçoive une nouvelle impulsion. Il est désirable, toutefois, que le prix puisse être décerné une fois au moins tous les six ans. Ce prix consistera en une médaille d'or grand module artistement exécutée, et en un diplôme d'un caractère également artistique, motivant scientifiquement l'attribution du prix, enfin en une série aussi complète que possible

des *Acta Mathematica*, dont les volumes, munis d'une solide et belle reliure, porteront le nom du lauréat. Celui-ci sera invité à se rendre personnellement à Djursholm, afin d'y recevoir le prix. Il touchera, à cet effet, une indemnité de voyage convenable, dont le montant sera fixé chaque fois. Le prix lui sera remis au cours d'une cérémonie solennelle organisée dans la grande salle de la bibliothèque.

« 4° Lorsque les revenus annuels de l'Institut dépasseront le montant ci-dessous indiqué, il pourra être créé, outre le poste de directeur, d'autres emplois rétribués, dont les titulaires auront pour tâche d'exercer une activité de plume et d'enseignement exclusivement scientifique, dans le domaine des Mathématiques *pures*.

« *Aux dispositions qui précèdent, s'ajoutent les suivantes* :

« *A*. Le Comité directeur de l'Institut se composera des membres suédois de la première classe (Mathématiques pures) de l'Académie Royale des Sciences, ainsi que, pendant leur vie, de MM. les Professeurs Ivar Fredholm et N. E. Nörlund. Sera, en outre, de droit membre du Comité, le Directeur ci-dessous nommé. Le Comité pourra s'adjoindre aussi, pour une période plus ou moins longue, tel mathématicien suédois, réellement éminent, qui partagerait entièrement les idées qui nous ont dirigés, mais n'appartiendrait pas encore à la première classe de l'Académie des Sciences. Pourra également être adjoint au Comité un mathématicien appartenant à l'un des trois autres pays scandinaves et remplissant les mêmes conditions.

« *B*. Dès que faire se pourra, il sera fait appel, pour occuper le poste de directeur scientifique et d'administrateur de l'Institut[1], à un mathématicien, d'un rang éminent, paraissant particulièrement qualifié pour cette charge, et dont l'activité devra s'exercer entièrement dans les limites de ses recherches scientifiques personnelles et tendre, en même temps, au but poursuivi par l'Institut. Il devra, par suite, assister de ses conseils tous ceux qui voudront se livrer à des études scientifiques à l'Institut. Il devra également, lorsqu'il y aura avantage à le faire, mais toujours dans un but exclusivement scientifique, faire des cours pour un nombre limité d'auditeurs réellement doués et prenant un vivant intérêt à ses leçons.

« Au point de vue matériel, il devra lui être fait une situation plus avantageuse que celle d'aucun professeur de Mathématiques dans l'une des Universités des quatre pays scandinaves. Il devra être domicilié à Djursholm et, si possible, dans le voisinage immédiat de la bibliothèque. Une indemnité de logement lui sera allouée aussi longtemps qu'une habitation spéciale ne pourra pas être aménagée à son usage. Sa nomination aura lieu, sur présentation du Comité directeur, par Sa Majesté le Roi, si, comme nous osons l'espérer, Sa Majesté daigne y consentir.

. . . . . .

« *E*. Tous les six ans au moins, l'Institut célèbrera sa séance solennelle. Les mathématiciens des quatre pays scandinaves recevront une invitation personnelle à y assister. Nous osons croire que, eu égard à l'importance de l'Institut pour ces pays, et à moins d'empêchement majeur, tous tiendront à se rendre à cette invitation.

« Il serait désirable que le jour de la cérémonie fût choisi de manière à coïncider avec la date de la réunion à Stockholm du Congrès des mathématiciens scandinaves. A cette occasion, il sera donné communication d'un rapport sur l'activité de l'Institut depuis la précédente séance solennelle. La cérémonie devra revêtir un caractère de solennité qui mette en pleine lumière la mission élevée des Sciences mathématiques ainsi que le but assigné à l'activité de l'Institut.

« En terminant, je soussigné, G. Mittag-Leffler, tiens à déclarer que le modèle que j'ai eu devant les yeux, pour l'Institut fondé par ma femme et par moi, est l'*Institut Pasteur à Paris*. Mieux qu'aucune université et qu'aucune académie actuelle, en effet, cet Institut me paraît avoir rempli la mission d'un établissement appelé à être exclusivement un foyer de recherches scientifiques. Les universités ont partout, à côté de leur tâche scientifique, celle — qui nuit souvent et singulièrement à la première — de former des maîtres et des fonctionnaires. Quant aux académies, qui répondaient le mieux jadis aux exigences purement scientifiques, elles souffrent de deux inconvénients : d'une part, l'activité propre de leurs membres s'exerce, en général, hors de leur sein, et d'autre part, même dans les cas exceptionnels où il en est autrement, il leur manque le stimulant que le savant trouve, pour ses investigations, dans l'obligation de guider ou d'assister d'autres chercheurs. Notre Institut n'est pas rattaché à un établissement où des recherches expérimentales pourraient être poursuivies, mais par contre — ce qui est conforme aux besoins des Mathématiques pures — à une bibliothèque spéciale d'une grande richesse.

« Avec de la bonne volonté, on trouvera dans notre pays de suffisantes possibilités pour la création et l'organisation d'instituts pour les sciences naturelles, tandis que bien peu de gens, en dehors des spécialistes, comprennent l'importance et la mission des Mathématiques pures. C'est la raison pour laquelle le soussigné, G. Mittag-Leffler, a toujours désiré pouvoir fonder un institut comme celui que nous espérons avoir établi par ce testament.

« Notre testament doit son origine à la vivante conviction qu'un peuple qui n'accorde pas aux Mathématiques un rang élevé dans son estime, ne sera jamais en état de remplir les plus hautes tâches civilisatrices et de jouir, par suite, de la considération internationale qui, elle aussi, constitue à la longue un moyen efficace de conserver notre situation dans le monde et de sauvegarder notre droit à vivre notre propre vie. »

§ 2. — Physique

Sensibilité de l'oxyde cuivreux pour la lumière. — Parmi les nombreuses substances qui accusent un accroissement de conductivité sous l'influence de la lumière, le sélénium et la stibine sont celles qui présentent l'effet le plus notable. L'étude comparative de ces substances révèle un parallélisme étroit dans le mécanisme de la production de la sensibilité lumineuse qui doit être probablement d'un caractère général. D'où l'intérêt de recherches sur de nouvelles substances, dans le genre de celles que M. A. H. Pfund[1] a consacrées récemment à l'oyxde cuivreux Cu^2O.

L'oxyde cuivreux est préparé à partir d'une mince bande de cuivre qu'on chauffe à l'air, dans un four électrique, à la température de 900° environ pendant vingt heures ; au bout de ce laps de temps, le cuivre est entièrement oxydé ; on le découpe en lamelles de la grandeur requise pour la confection des cellules, et on plonge ces lamelles dans de l'eau régale de concentration moyenne, afin de dissoudre l'oxyde cuivrique qui a pris naissance. La masse restante d'oxyde cuivreux montre une belle structure cristalline et présente une transparence marquée pour la lumière rouge, même en couches de plus de 1 mm. d'épaisseur.

L'étude de la sensibilité a porté sur un intervalle de température compris entre + 20° et — 180° C. La résistance dans l'obscurité d'une des cellules utilisées est, par exemple, de 15.200 volts pour une force électromotrice de 1 volt. Une lampe à filament de tungstène de 40 watts, placée à une distance de 20 cm., produit un accroissement de conductivité d'environ 15 %. En reliant cette cellule à une batterie de 2 volts et à un simple potentiomètre, la sensibilité est telle que l'action

1. Il n'est fait aucune restriction quant à la nationalité de ce directeur.

1. *The Physical Review*, t VII, p. 289 ; mars 1916.

d'une lumière diffuse trop faible pour permettre la lecture entraîne hors de l'échelle le spot lumineux du galvanomètre.

La conductivité varie notablement avec le voltage appliqué aux bornes de la cellule ; elle a, dans une expérience, augmenté régulièrement de $6,6 \times 10^{-5}$ à $9,9 \times 10^{-5}$ pour un accroissement de la force électromotrice de 1 à 20 volts. L'oxyde cuivreux, pas plus que le sélénium ou la stibine, ne suit la loi de Ohm.

Comme la résistance de Cu^2O diminue quand la température s'élève, on a établi directement que l'accroissement de conductivité n'est pas dû à l'échauffement produit par la lumière.

La région du spectre pour laquelle la sensibilité est maxima se trouve dans l'ultra-violet, près de $\lambda = 2,800$ u. A. ; cette région se déplace vers les courtes longueurs d'onde lorsqu'on abaisse la température.

La variation de conductivité dépend de l'énergie incidente. Pour des radiations complètement absorbées, cette variation est proportionnelle à la racine carrée de l'énergie incidente. On sait que la même loi a été indiquée pour le sélénium et la stibine.

Quand les électrodes du courant sont appliquées à la surface supérieure d'un disque de sélénium et qu'on éclaire la surface inférieure, Gripenberg[1] a observé un changement de conductivité du même ordre que celui obtenu par l'éclairement de la surface supérieure elle-même. Comme le sélénium est trop opaque pour que les radiations lumineuses qui frappent la partie inférieure puissent pénétrer jusqu'aux électrodes de la face supérieure, il faut conclure que les variations de la conductivité se produisent dans des portions du sélénium non directement frappées par la lumière. Ce phénomène, désigné sous le nom d' « effet de transmission », a été étudié en détail par Brown sur des cristaux de sélénium. Les expériences de Pfund montrent qu'un tel effet n'existe pas dans l'oxyde cuivreux, ou tout au moins est insignifiant, comparé à celui du sélénium : dans Cu^2O, la variation de conductivité observée est pratiquement localisée dans les portions de substance où la lumière a pénétré.

Deux théories différentes ont été proposées, dans l'hypothèse électronique, pour rendre compte des variations de conductivité sous l'influence de la lumière. D'après Drude et Riecke (théorie des électrons libres), la lumière produit une libération réelle d'électrons, qui se déplacent ensuite entre les molécules et peuvent se diffuser dans la masse entière, en sorte que l'on conçoit que l'éclairement d'une faible portion de surface puisse produire un accroissement de conductivité de la masse entière : l'effet de transmission est une conséquence nécessaire de cette théorie. D'après J. J. Thomson (théorie du doublet), la lumière produit une diminution de la stabilité des électrons suffisante pour leur permettre de passer du doublet qui les contient dans un doublet voisin. On suppose ici que le potentiel appliqué sert uniquement à orienter les doublets, le transport d'électrons d'un doublet au doublet voisin étant produit par le champ électrique entre les doublets. D'après cette théorie, la région où se produit un accroissement de conductivité doit être limitée à la région éclairée et l'effet de transmission ne peut pas exister. Un tel effet n'existant pas, en effet, dans l'oxyde cuivreux, on est conduit à admettre que les résultats expérimentaux s'expliquent mieux dans la théorie du doublet. Des considérations analogues ont été également formulées par Brown, qui a montré que les effets « voltage » et « pression » ne se transmettent pas dans le sélénium. Pour le sélénium, cependant, la transmission de l'effet lumineux, dont le mécanisme n'est pas encore précisé, apporte une complication fâcheuse qu'on ne retrouve pas dans l'oxyde cuivreux.

A. B.

1. *Phys. Ztschr.*, t. XV, p. 462 ; 1914.

Une main magnétique. — On sait combien est importante au point de vue social et au point de vue de l'avenir de notre industrie la rééducation des mutilés : un peu partout, en France, des œuvres philanthropiques se sont vouées à cette tâche. Il est intéressant, à ce propos, de signaler, d'après *The Electrical Review*[1], un certain nombre de dispositifs qui ont été imaginés en vue de suppléer un membre disparu.

La figure 1 représente une main magnétique formée d'un électro-aimant monté en rotule sur un manche qui

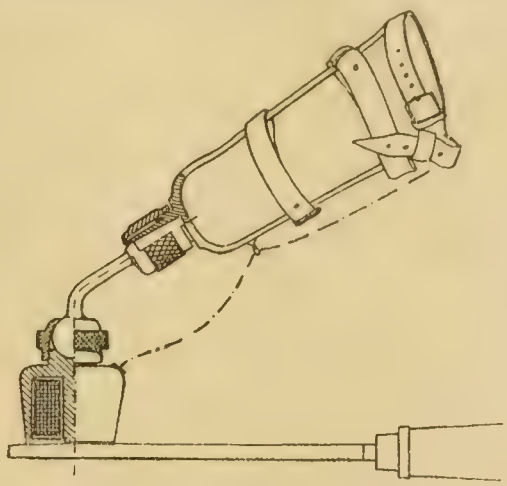


Fig. 1. — *Main magnétique tenant une lime.*

peut lui-même tourner autour d'un pivot. Ce pivot est fixé à l'extrémité de l'appareil qui s'attache au moi-

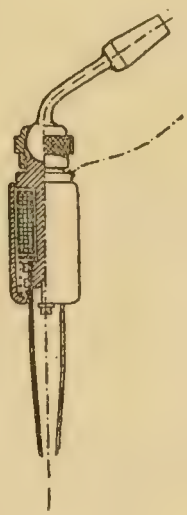


Fig. 2.
Pinces magnétiques.

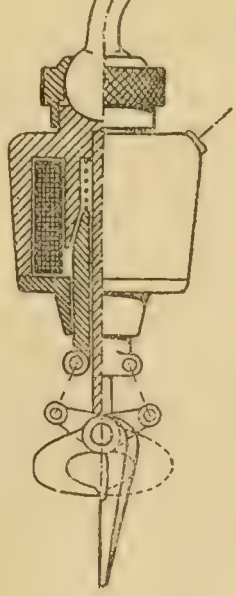


Fig. 3.
Tenailles magnétiques.

gnon. En serrant ou desserrant les deux écrous molletés, l'ouvrier bloque l'électro-aimant ou lui donne une certaine mobilité, à volonté. Le courant arrive par un

1. *The Electrical Review*, 14 janvier 1916.

fil et par un interrupteur commandé au pied, ou de la main libre, ou encore, par un simple mouvement du bras estropié, l'ouvrier commande facilement l'action de son électro.

Par ce dispositif, tous les objets en fer peuvent être soulevés, mis en mouvement ou relachés à volonté, et être maniés aussi longtemps qu'on le désire. La plupart des outils en fer sont directement utilisables sans qu'il soit besoin de les construire spécialement. Sur la figure 1, la main magnétique tient une lime dont le mouvement peut être commodément dirigé par le bras sain.

Les outils qui ne sont pas en fer peuvent être munis de plaques de fer sur lesquelles s'exercera l'attraction de l'aimant.

Des électros de différentes formes et de forces attractives variables peuvent être prévus pour un même support afin de se prêter à des travaux variés.

Le dispositif précédent suffit pour un grand nombre d'opérations simples; des perfectionnements peuvent être facilement apportés en vue d'objets particuliers. Au moyen d'une goupille permettant de fixer l'aimant ou de le relâcher, il devient possible d'effectuer des mouvements de rotation. Des outils spéciaux peuvent également être combinés dans le genre des pinces représentées sur les figures 2 et 3.

Au fond, il ne semble pas qu'il y ait une difficulté très grande à remplacer, pour les mouvements de l'avant-bras par rapport au bras, l'action des doigts et du pouce par une action artificielle utilisant les propriétés si souples du courant électrique. Dans les cas où l'on ne disposerait pas, dans le voisinage, d'une installation électrique, on pourrait songer à l'emploi d'une batterie transportable pour actionner les électros.

Les dispositifs dont on vient d'indiquer le principe paraissent simples à construire. Ils méritent, semble-t-il, d'être essayés et étudiés.

A. B.

§ 3. — Botanique

Influence du chauffage des grains sur le développement du blé. — Un agronome russe, M. S. J. Worobiew, vient de se livrer sur ce sujet à d'intéressantes expériences à l'Institut Polytechnique de Kiew[1]. Ces expériences ont porté sur des grains de blé dur (*Triticum durum*), qui ont été chauffés pendant 20 minutes à une température de 80° C., puis semés dans des pots contenant des quantités d'eau variables.

La faculté germinative des semences de la récolte de l'année précédente n'a pas diminué après chauffage; par contre, le chauffage a une action nuisible sur les embryons des semences vieilles et gâtées (récoltées dans une saison pluvieuse).

D'une façon générale, le chauffage des grains donne à l'embryon une sérieuse impulsion, qui provoque chez le blé la tendance à la structure xérophytique; elle se manifeste dans sa longueur moindre, dans la diminution du poids relatif des feuilles et des dimensions des cellules. Etant donné que les plantes xérophiles supportent mieux le manque d'eau, l'auteur estime que, dans les localités où l'eau abonde, le chauffage des semences n'a pas d'intérêt pratique, tandis que, dans celles où l'humidité est plutôt rare, les semences chauffées produisent des plantes à structure modifiée en vue de faciliter la lutte contre la sécheresse.

Au point de vue des récoltes, lorsque les plantes reçoivent beaucoup d'eau, le chauffage préalable du grain avant l'ensemencement ne fait augmenter la récolte que d'une façon insignifiante, tandis que, en terrains secs, le chauffage détermine une notable augmentation de récolte (jusqu'à 12 %).

1. *Khosiaistwo*, t. X, p. 1075; déc. 1915.

§ 4. — Biologie

La nature de la stimulation mécanique. — Les effets de certaines espèces de stimulus peuvent se rapporter directement aux changements chimiques qu'ils produisent dans le protoplasma; mais d'autres espèces paraissent agir seulement par des moyens physiques : tels le contact, le choc mécanique et la gravitation. Et pourtant, quoique leur action semble au premier abord purement mécanique, ils produisent des effets qui sont tellement analogues à ceux des stimulus chimiques qu'il paraît probable que, dans chaque cas, sont impliquées des modifications chimiques.

La grande difficulté que rencontre une théorie de la stimulation mécanique est donc celle-ci : Comment des altérations purement physiques du protoplasma peuvent-elles donner naissance à des modifications chimiques? Une solution satisfaisante de ce problème permettrait de grouper tous les modes de stimulation sous un point de vue commun. Les expériences suivantes, faites par M. W. J. V. Osterhout au Laboratoire de Physiologie végétale de l'Université Harvard, font entrevoir une solution de cette nature[1].

Elles ont porté sur les cellules de l'algue marine *Griffithsia Bornetiana* (fig. 1). A l'intérieur de la paroi cellulaire *a*, on trouve une couche mince de protoplasme *b*

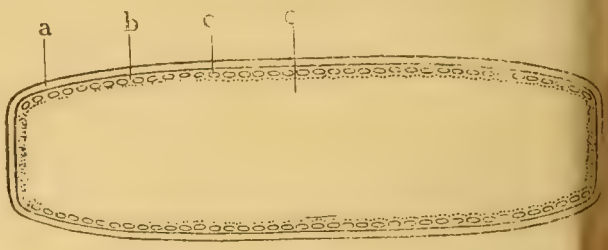


Fig. 1. — *Une cellule de* Griffithsia Bornetiana. — *a*, paroi cellulaire; *b*, protoplasma; *c*, chromatophore; *e*, vacuole remplie de suc cellulaire.

qui enclôt la grande vacuole centrale *e*. Cette couche protoplasmique englobe de nombreux chromatophores *c*, contenant de la chlorophylle et un pigment rouge (phycoérythrine) soluble dans l'eau. Dans les conditions normales, la surface des chromatophores est imperméable au pigment rouge, qui est confiné à leur intérieur.

M. Osterhout a fait l'observation suivante : Quand une des grosses cellules est placée sous le microscope (sans couvre-objet) et touchée près d'une extrémité (avec une aiguille, ou un filament de verre, ou un éclat de bois), il se produit une modification dans les chromatophores directement au-dessous du point touché. Dans cette région, les surfaces des chromatophores deviennent perméables au pigment rouge, qui commence à se diffuser dans le protoplasme environnant. Il atteint bientôt les chromatophores voisins; leurs surfaces deviennent perméables à leur tour, et leur pigment commence aussi à diffuser. De la sorte, une onde — qu'on peut comparer à une onde de stimulation — progresse le long de la cellule jusqu'à ce qu'elle atteigne l'extrémité opposée. La vitesse de propagation de cette onde correspond à celle de la diffusion du pigment.

Une question se pose : Comment le contact peut-il donner naissance à une diffusion extérieure du pigment ou d'autres substances? Il semble à M. Osterhout que ce fait peut résulter d'une rupture mécanique de la couche superficielle du chromatophore, qui n'est pas réparée ou l'est trop lentement. On connaît déjà plusieurs cas où les couches superficielles des structures protoplasmiques se comportent de cette façon. Si de telles structures existent à l'intérieur de la cellule, il est évident que toute déformation du protoplasma suffisante

1. *Proc. of the Nation. Acad. of Sciences*, t. II, n° 4, p. 237; avril 1916.

pour rompre leur surface permettra à leur contenu de diffuser dans le protoplasme environnant.

Lorsque les substances qui diffusent ainsi rencontrent d'autres substances dont elles étaient séparées par la couche superficielle semi-perméable avant sa rupture, des réactions peuvent être mises en branle qui, dans certaines cellules, provoquent les réponses caractéristiques de la stimulation mécanique. L'existence de telles réactions est très probable, car on connaît de nombreux cas où des substances très voisines sont empêchées de réagir par la présence de membranes semi-perméables; mais, quand ces membranes sont détruites (par broyage, par exemple), la réaction a lieu aussitôt.

Si ces processus se produisent, il est évident que des altérations purement physiques du protoplasme peuvent donner naissance à des modifications chimiques. Ainsi s'expliqueraient les réponses aux excitations de contact et mécaniques; et, comme la stimulation gravitationnelle implique une déformation du protoplasme, on peut étendre cette conception au géotropisme.

Dans cette conception de la stimulation mécanique, trois choses sont essentielles: 1° des substances plus ou moins complètement empêchées de réagir par des surfaces semi-perméables; 2° une déformation du protoplasma suffisante pour produire, dans une de ces surfaces, une rupture qui n'est pas immédiatement réparée; 3° une réaction résultante qui produit la réponse caractéristique au stimulus.

§ 5. — Géographie et Colonisation

Recherche d'îles douteuses dans le sud du Pacifique par le navire *Carnegie*. — On sait que le navire *Carnegie*, affecté aux mesures du magnétisme terrestre par l'Institution Carnegie de Washington, vient d'effectuer un voyage de circumnavigation autour du globe entre le 50° et le 60° degrés de latitude sud. Au cours de la section pacifique de ce voyage, entre la Nouvelle Zélande et la Géorgie du Sud, qui a été parcourue du 6 décembre 1915 au 12 janvier 1916, l'état major du *Carnegie* s'est proposé accessoirement de rechercher deux îles ou groupes d'îles, dont la découverte a été annoncée dans la première moitié du XIXe siècle, mais dont l'existence semble depuis longtemps douteuse[1].

Les premières, les îles Nimrod auraient été aperçues à grande distance, dans sa traversée de Port Jackson à Rio de Janeiro en 1828, par le capitaine du navire *Nimrod*, qui les situa par 58°,5 de lat. S. et 158°,5 de long. W. Le capitaine Biscoe les rechercha en 1831, mais sans succès. Le *Carnegie* aurait passé à proximité de ces îles, si le vent n'avait pas changé 12 heures trop tôt; à cause de cela, il ne put s'approcher de leur position indiquée à moins de 40 milles, distance trop grande pour faire des observations éventuelles.

Par contre, des informations plus définies ont été faites sur une autre île, l'île Dougherty, signalée pour la première fois par un navire baleinier, le *James Steward*, le 29 mai 1841, par 59°20' lat. S et 120°20' long. W. Le 4 septembre 1859, le capitaine Keates, du navire *Louise*, allant de Melbourne à Saint-John (Nouveau Brunswick), aperçut par 59°21' lat. S et 119°7' long. W. une île qui fut considérée comme la même que la précédente et portée sur les cartes avec cette position. Le 25 décembre, le *Carnegie* est arrivé dans les parages de l'île et il en a passé à moins de 3 milles; des observations faites du haut du mât toutes les demi-heures par le commandant lui-même n'ont décelé aucune terre. Cependant, l'île, avec la hauteur de 25 m. qui lui avait été attribuée, aurait dû être visible dans un rayon de 30 milles. Il est donc très probable qu'elle n'existe pas.

Une explication de cette illusion et d'autres analogues s'est présentée au cours même de la croisière du *Carnegie*. Une après-midi, le cri de « Terre en vue » retentit, et l'on aperçut quelque chose qui paraissait une île rocheuse sombre et escarpée. On modifia la direction du navire pour s'en approcher, et l'apparition prit la forme d'une falaise rocheuse couverte de neige. Mais, à plus courte distance, l'île supposée se résolut en un iceberg de 70 mètres de hauteur et de 400 mètres de longueur; la paroi de glace perpendiculaire réfléchissait la lumière d'une façon telle qu'elle donnait au bloc l'apparence d'un énorme rocher sombre. Une illusion de ce genre doit se trouver à la base des rapports sur l'existence d'une île dans cette partie du Pacifique.

La possibilité d'un mirage existe également, comme le *Carnegie* en a fait aussi l'expérience dans la même croisière. Il aperçut distinctement dans la direction de la Péninsule de Banks ce qui paraissait être une terre étendue, alors qu'il s'en trouvait à environ 190 milles. La croyance de Peary dans l'existence de la Terre de Crocker était, comme on l'a démontré, basée de même sur un mirage.

1. *Terrestr. Magnetism and Atmosph. Electr.*, mars 1916, pp. 26-27.

§ 6. — Enseignement

Le projet de création de Facultés des Sciences appliquées. — La *Revue* a déjà entretenu ses lecteurs de la proposition de loi de M. le Sénateur Goy sur l'enseignement supérieur des Arts techniques et des applications de la science à l'industrie, proposition visant à la création de Facultés des Sciences appliquées délivrant, après études, un diplôme de docteur ès sciences appliquées[1].

Sur ce projet, M. le Ministre de l'Instruction publique a sollicité, en décembre dernier, l'avis officiel des Facultés des Sciences. Dans le *Bulletin de l'Association amicale du personnel enseignant des Facultés des Sciences* (n° 17), MM. O. Duboscq et J. Pavillard viennent d'exposer l'attitude des diverses facultés de province à l'égard de la proposition de M. Goy. Ils croient pouvoir résumer de la façon suivante les conclusions de la majorité des Facultés consultées, et particulièrement des Facultés les plus directement intéressées dans la question :

Les Facultés, approuvant entièrement l'idée fondamentale du projet Goy, n'admettent pas le transfert de leurs fondations antérieures sous une autre direction que celle des Facultés des Sciences et sont opposées à la création d'une 5e catégorie de Facultés (Faculté des Sciences appliquées).

Les créations futures, subordonnées aux nécessités régionales, pourront être affectées soit aux recherches dans l'intérêt de l'industrie (Stations et laboratoires d'essais), soit à l'enseignement technique proprement dit [Instituts et Ecoles techniques, chaires et cours de Faculté].

Les Instituts techniques devront, d'après l'opinion dominante, être des annexes de la Faculté des Sciences gratifiées d'une autonomie financière et administrative suffisante pour assurer à ces fondations toute la souplesse nécessaire à leur bon fonctionnement.

Le personnel enseignant comprendra deux catégories de fonctionnaires: des professeurs titulaires de la Faculté des Sciences, nommés dans les conditions normales, et des chargés de cours, nommés sans conditions de diplôme, choisis parmi les ingénieurs ou autres spécialistes de l'industrie et assujettis à un statut spécial.

Le recrutement des élèves sera subordonné à un simple examen probatoire à l'entrée; une sélection continue s'opérera ensuite, en cours d'études, grâce à une série d'examens successifs fréquemment renouvelés.

La sanction normale des études techniques sera le diplôme d'ingénieur. La création d'un Doctorat spécial est inutile, le Doctorat ès sciences actuel, ou tout au moins le Doctorat d'Université, demeurant toujours accessible à tous les candidats.

1. P. Rivals : Sur l'organisation de l'enseignement technique supérieur dans les Universités. *Rev. gén. des Sciences* du 30 mars 1916.

L'INDUSTRIE FRANÇAISE DES INSTRUMENTS D'OPTIQUE ET SES PERSPECTIVES D'AVENIR[1]

PREMIÈRE PARTIE : VERRERIE D'OPTIQUE. OPTIQUE DE PRÉCISION

« *L'Industrie des instruments de précision*, écrivait Cornu dans une Introduction remarquable au Catalogue des instruments de précision publié en 1900, *est née de la Science, elle vit de la Science et s'enrichit de ses applications.* » Aussi est-il naturel qu'une telle industrie se soit rapidement développée en France, où l'étude de la science désintéressée a toujours été si fort en honneur. En particulier, l'Optique, qui a reçu de Fresnel une si vive impulsion et qui doit à des savants comme Arago, Biot, Babinet, de Sénarmont, Des Cloizeaux, Jamin, Fizeau, Foucault, Cornu, pour ne citer que les plus grands parmi les disparus, de si importants progrès, a donné lieu pendant longtemps à une industrie à peu près exclusivement française. Actuellement, bien que nos constructeurs n'aient pas toujours su s'adapter suffisamment aux exigences de la lutte économique, certains se sont acquis, dans quelques branches de l'Industrie d'Optique, sans bluff ni réclame tapageuse, une réputation tout à fait méritée.

Après avoir exposé rapidement l'état actuel des différentes industries d'optique et indiqué les productions récentes les plus remarquables — nous nous excusons par avance de ne pouvoir citer, dans une étude forcément aussi limitée, tout ce qui serait intéressant — nous tâcherons de faire ressortir dans quel sens devront être dirigés les efforts coordonnés des constructeurs, des savants et des pouvoirs publics, pour que notre Industrie puisse conserver, ou reconquérir, dans les branches où elle s'est laissé distancer, la place que lui assigne son glorieux passé.

Pour mettre un peu d'ordre dans notre exposé, nous classerons les industries en plusieurs groupes, qui se mélangent d'ailleurs en partie et qui comprendront :

1° la verrerie d'optique et la taille des verres;
2° les instruments de précision;
3° l'optique industrielle.

La collaboration étroite du savant et du constructeur dans l'industrie des instruments d'optique rend difficile l'évaluation de la part qui revient à chacun d'eux. La plupart des instruments d'optique ont été primitivement construits pour les travaux des savants et sous l'inspiration de ces derniers. Quelques-uns, établis en modèle unique, ont donné lieu à des travaux importants et sont devenus historiques. D'autres se sont multipliés et constituent des modèles industriels. Nulle part, peut-être, le contact de la science et de l'industrie n'a été aussi intime qu'en Optique. Scinder les deux actions est chose pratiquement impossible. Aussi ne devra-t-on pas être surpris, dans cette étude, de trouver indissolublement liés les travaux des savants et ceux des constructeurs.

Il importe également de signaler ici la part, plus ou moins étendue, qu'ont prise les fabrications d'optique dans la plupart des pays où l'industrie s'est développée. En Angleterre les verres de Dollond ont eu une longue célébrité; les objectifs de Ross, ceux de Cook, d'autres encore, tiennent le marché fort honorablement; Adam Hilger est bien connu pour la perfection de ses instruments; Barr et Stroud se sont acquis une réputation mondiale avec leurs télémètres, adoptés aujourd'hui par toutes les marines. L'Italie possède quelques usines importantes,

1. Pour la rédaction de cet article j'ai mis à profit les études suivantes :

A. Cornu : *Introduction au Catalogue de l'Industrie française des instruments de précision* publié par le Syndicat des constructeurs des instruments d'optique et de précision, Paris, 1900.

M. d'Ocagne : *Les instruments de précision en France*, conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers le 15 mars 1903, publiée dans la *Revue des Questions scientifiques*.

J. Violle : *De l'avenir de nos industries physiques après la guerre*, conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers le 11 février 1915, parue dans un opuscule intitulé : *Rôle de la physique à la guerre*, chez Berger-Levrault, Nancy, 1915.

E. Wallon : *La fabrication des fournitures photographiques assurée par l'Industrie française*, conférence faite à la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, parue dans le *Bulletin* de la Société, juillet-août 1915.

Il m'est très agréable de remercier, au nom de la *Revue* et au mien, les constructeurs dont les renseignements ont aidé ma documentation et les savants qui ont bien voulu m'honorer de leurs conseils : MM. Bigourdan, Blondel, le général Bourgeois, Fabry, Ch. Ed. Guillaume, Meslin, M. d'Ocagne, Violle, Wallon, etc. J'exprime à ces savants toute ma reconnaissance et les prie de m'excuser si j'ai parfois mal traduit leur pensée et si les circonstances ne m'ont pas permis d'utiliser toutes leurs si intéressantes suggestions. A. B.

[Cet article a été rédigé spécialement en vue de notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* Voir les articles précédents dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars dernier. (N. de la Réd.)]

parmi lesquelles Salmoiraghi et la Galilea sont au premier rang. Les Etats-Unis peuvent citer avec fierté Rowland, qui a réalisé les réseaux jusqu'ici les plus parfaits, et John Brashear dont les produits ont atteint une perfection remarquable; la maison Kodak et la maison Bausch et Lomb (qui peut passer pour une succursale d'une importante firme allemande) ont pris sur le marché une place importante. Plusieurs maisons suisses sont connues pour leur production d'optique alliée à la mécanique.

Mais c'est en Allemagne que l'industrie d'optique a eu le développement le plus rapide, qu'il s'agisse de la très bonne, de la moyenne ou de la médiocre qualité : les maisons Zeiss, Goerz, Steinheil, Voigtlander, sont parmi les plus connues.

Dans le cours de notre étude, nous comparerons surtout l'Optique française à l'Optique allemande, non dans l'intention de négliger l'industrie des autres pays, mais simplement afin d'établir un rapport entre notre production et celle du pays qui tendait de plus en plus à prendre la suprématie mondiale.

I. — La verrerie d'optique

La perfection des instruments d'optique dépend à la fois de la qualité de la matière dont ils sont faits et de la rigueur mathématique de la taille des surfaces réfléchissantes ou réfringentes, à supposer, bien entendu, que la forme de ces surfaces ait été exactement déterminée par le calcul. Ce sont de creusets français que sont sortis pendant longtemps les seuls verres d'optique utilisés dans le monde entier, et les principes des méthodes suivies dans la taille des verres sont dus à des savants français.

Le verre utilisé dans les instruments d'optique doit être parfaitement homogène et débarrassé aussi complètement que possible des fils et des stries qui introduiraient des variations locales d'indice et déformeraient la trajectoire des rayons lumineux. Enfin, pour satisfaire aux exigences multiples de l'optique de précision, pour la correction des aberrations de toute sorte, il importe de disposer d'un jeu très étendu de variétés de verres.

Ces différents problèmes ont reçu depuis longtemps, en France, des solutions heureuses. C'est d'Artigues qui, le premier, a cherché à produire des verres d'optique pendant le Blocus continental : il s'agissait de remplacer les flints anglais de cristallerie qui ne pouvaient plus être importés sur le continent. Peu après, Guinand inventait un procédé de brassage qui débarrasse le verre des fils et des stries et le rend homogène; les successeurs de Guinand : Feil, Mantois et Parra, ces deux derniers assistés du chimiste Verneuil, bien connu par ses travaux de synthèse des pierres précieuses, se sont attachés à perfectionner la fabrication et à mettre au point des variétés nouvelles de verre.

En 1873, Feil exposait à Vienne des flints et des crowns extra-blancs destinés à des appareils photographiques et des flints très denses pour prismes et objectifs de microscope qui furent remarqués : un de ces flints, de densité 5,5, ayant un indice 1,896 pour la raie D, constituait le verre le plus réfringent obtenu jusqu'alors. En 1880, Feil avait également obtenu, par l'emploi de la baryte, quelques variétés intéressantes de verres; malheureusement, ces verres passèrent alors inaperçus et leur étude fut délaissée jusqu'au jour où les objectifs fabriqués en Allemagne eurent montré ce qu'on pouvait tirer de flints à la baryte.

A l'heure actuelle, la maison Parra-Mantois produit couramment, outre les flints et les crowns dits ordinaires, des flints et des crowns spéciaux permettant, par leur combinaison, de réduire au minimum le spectre secondaire, des boro-silicates, des flints à la baryte, des baryum-crowns, des crowns à haute dispersion, des crowns au zinc, des flints très denses et extra-denses, des verres de didyme, d'urane, etc.

Il y a quelques années, notre industrie était la seule au monde pouvant livrer les dalles de très grandes dimensions (1 mètre et plus) avec lesquelles ont été établis les grands objectifs d'Europe et d'Amérique. La fameuse lunette dite de la « Lune à 1 mètre », qui figurait au Palais de l'Optique lors de l'Exposition de 1900, et avait été construite par Gautier avec des verres de Mantois, présentait un objectif de 1 m. 25 de diamètre et 57 mètres de foyer : l'obtention du bloc de verre nécessaire à la taille de cette lentille constituait un véritable tour de force.

Mais notre industrie doit lutter aujourd'hui contre la concurrence étrangère. En 1884, la verrerie Schott et Cie fut fondée à Iéna, « avec l'assistance du Gouvernement prussien » qui, outre qu'il fournissait une aide matérielle destinée à assurer les débuts de l'entreprise, conférait ainsi à la maison une sorte d'estampille officielle dont elle a su se parer aux yeux du monde entier et dont elle tire profit. De plus, les verres d'Iéna ont eu la bonne fortune d'être employés par la maison Zeiss, d'Iéna, dont les instruments ont une valeur incontestable, et qui a su organiser autour de ses produits une réclame

savante. Il faut d'ailleurs reconnaître que les verres d'Iéna possèdent d'indéniables qualités, en particulier une trempe très faible et une plus complète absence de colorations que les verres français. Il ne semble pas toutefois que Schott ait jamais égalé les très grands plateaux livrés par Mantois et qui étaient tout à fait remarquables.

La comparaison des catalogues montre que notre industrie peut mettre à la disposition des constructeurs des variétés de verres très voisines de celles que livre la maison Schott. Aussi les produits de notre industrie sont-ils encore universellement appréciés : au début de la guerre, la maison Parra-Mantois possédait de très nombreux clients en Angleterre, aux Etats-Unis, en Autriche, en Russie, en Suisse, au Japon, en Allemagne même, c'est-à-dire dans tous les pays où l'on travaille le verre d'optique. Jusqu'ici l'industrie française a réussi à lutter contre la concurrence étrangère; il est permis d'espérer qu'au prix de quelques efforts elle pourra, après la guerre, reconquérir le premier rang.

Les derniers grands instruments d'astronomie qui ont été construits sont surtout des réflecteurs, pour lesquels la qualité de la matière première et l'absence de fils n'ont plus la même importance que pour les réfracteurs : on utilise la glace coulée et non le verre d'optique proprement dit. Mais le recuit de grandes masses de verre exige de minutieuses précautions. En raison de la faible conductibilité thermique du verre, il est presque impossible d'en refroidir un gros bloc sans qu'il s'établisse, à un moment donné, des tensions intérieures qui le rendent complètement inutilisable pour la construction d'un miroir astronomique. Notre industrie verrière a eu récemment, dans cette fabrication, de beaux succès : quand les Américains ont entrepris la construction de leur télescope de 2 m. 50 de diamètre pour le mont Wilson, c'est à la Manufacture des Glaces et Produits chimiques de Saint-Gobain, Chauny et Cirey, qu'ils ont demandé le bloc de verre, pesant plus de 4 tonnes, qui leur était nécessaire, et dont l'obtention a demandé plusieurs années d'essais. Les grosses pièces de ce genre ne sont guère obtenues qu'à Saint-Gobain, dont les Allemands étaient tributaires avant la guerre. Ajoutons que les établissements de Saint-Gobain produisent également, sur une vaste échelle, les pièces de phares, les miroirs de projecteurs et les moulages de qualité soignée qui sont utilisés dans une foule d'applications, telles que lentilles, jumelles de théâtre, lunetterie, etc.

La taille des verres de grandes dimensions est entrée dans une voie nouvelle le jour où Foucault, inspiré par Bertaud jeune, inaugura la méthode des retouches locales qui, entre les mains des frères Henry, a atteint un si haut degré de perfection. On doit également à Adolphe Martin des formules et des tables numériques propres à faciliter grandement la préparation des surfaces destinées à recevoir les retouches locales.

La technique n'a guère été modifiée depuis, et les services que rend la méthode de Foucault ont été reconnus par tous ceux qui ont construit avec succès de grandes surfaces optiques. Aussi éprouve-t-on un certain sentiment de tristesse à constater qu'après de si beaux débuts, l'industrie de la taille des grandes lentilles et des miroirs pour l'astronomie est aujourd'hui si peu développée en France, et qu'en fait aucun opticien français ne s'y est spécialisé d'une façon absolue. Il convient toutefois de citer la maison Bardou (Vial), qui a travaillé récemment un certain nombre d'objectifs astronomiques.

Dans la fabrication des pièces de verre de petite dimension, on ne fait pas de retouches locales, les écarts d'indice étant tout à fait négligeables avec des verres de bonne qualité; mais il faut pouvoir vérifier constamment la forme des surfaces.

Pour comparer une surface plane à un plan type, Fizeau a imaginé d'utiliser l'examen des franges d'interférence produites par une lumière monochromatique dans la mince lame d'air qui reste entre les deux surfaces quand on les pose l'une sur l'autre. Les constructeurs français Laurent et Jobin furent les premiers à appliquer la méthode des calibres interférentiels à la vérification des surfaces optiques planes ou sphériques. Cette méthode, qui s'est montrée féconde, est aujourd'hui adoptée par tous les constructeurs, mais il convient de signaler la perfection remarquable, et non dépassée jusqu'ici par les firmes étrangères, à laquelle sont arrivées certaines de nos fabrications.

II. — Instruments d'optique de précision

Dans les instruments d'optique de précision, nous distinguerons les *instruments d'observation*, lunettes et télescopes, microscopes, spectroscopes, et les *instruments de mesure*, relatifs à la polarimétrie, à la mesure optique des distances, à la géodésie, à la topométrie, etc. Cette classification est d'ailleurs forcément artificielle, beaucoup d'instruments d'observation devant être aptes à la mesure : les lunettes, à l'évaluation précise des angles ; les microscopes, à des déterminations micrographiques ; les spectroscopes, au

répérage exact des longueurs d'onde. Enfin, une dernière catégorie comprendra les instruments destinés à l'enseignement et combinés de manière à permettre la reproduction d'expériences intéressantes.

Examinons rapidement ce que nos constructeurs ont fait dans ces différents domaines.

§ 1. — Instruments d'Astronomie

L'établissement des grands instruments d'astronomie exige une connaissance approfondie des ressources les plus variées de la haute mécanique, qui n'a jamais fait défaut aux constructeurs français, formés à l'école de Gambey, de Lerebours et Secretan, de Brunner, d'Eichens.

Mais alors que jadis, vu les dimensions de ces instruments, on s'attachait à les faire aussi légers que possible sans se soucier de leurs flexions, qui étaient loin pourtant d'être négligeables, on s'efforce aujourd'hui de faire disparaître ces flexions par un emploi judicieux de la fonte de fer et le calcul de formes présentant le maximum de résistance. Les expériences de M. Lœwy ont montré que les effets de la flexion peuvent être tenus pour négligeables dans les instruments les plus récemment construits.

Toutes les causes d'erreur tenant à l'élasticité des pièces qui composent ces énormes masses ont été l'objet de minutieuses études, et la sagacité de nos constructeurs ne s'est jamais trouvée en défaut pour les faire disparaître. C'est ainsi, par exemple, que certains effets de torsion des rayons convergents des grands cercles muraux ont pu être conjurés par Gautier grâce à l'emploi de rayons croisés. On aura une idée des résultats obtenus dans cette voie en songeant qu'avec des cercles méridiens ayant une masse de 1500 kg. on peut faire des déterminations d'angle à quelques dixièmes de seconde près (M. d'Ocagne).

Peut-être, dans cet ordre d'idées, y aurait-il cependant intérêt à s'inspirer des méthodes utilisées par les constructeurs américains. « Nos grands instruments, fait remarquer M. Bosler dans un très intéressant article paru dans cette *Revue*[1], semblent toujours faits suivant des règles de métier, très éloignées de la pratique industrielle. Tel n'est pas le cas des grandes lunettes américaines : leurs organes, plus massifs et aussi moins fragiles, ressemblent à des volants, à des coussinets de machines ; comme dans l'industrie, on demande à des effets d'inertie la régularité du fonctionnement plutôt qu'aux raffinements de l'exécution. La précision devient, en effet, illusoire, là où des flexions, des écrasements, viennent constamment tendre à détruire la perfection des surfaces et leur ajustage ».

La construction de très grands instruments d'observation entraîne des dépenses énormes, qui ont été couvertes, en Amérique, par de riches dotations, mais dont l'Astronomie française, moins bien partagée sous ce rapport, n'a pu s'offrir le luxe. Depuis le sidérostat de 1900, notre industrie n'a pas eu à fournir d'instruments comparables comme dimensions. Les maisons Mailhat et Bardou ont établi, pour divers observatoires, des appareils plus modestes qui ont donné toute satisfaction.

Signalons pour terminer, suivant une remarque que nous a faite M. Bigourdan, l'utilité qu'il y aurait à uniformiser les diamètres des tubes utilisés pour la construction des oculaires.

§ 2. — Microscopes

De ces géants des observatoires passons à l'instrument qui permet de scruter l'infiniment petit, le microscope, dont les progrès évoquent, chez nous, les noms de Chevalier, de Prazmowski, de Nachet, de Stiassnie, etc. Alors que les instruments astronomiques réclament des objectifs d'aussi grand diamètre que possible, l'objectif du microscope comporte une association de lentilles de très faibles diamètres (1 à 8 mm.); mais, pour être d'un autre ordre, les difficultés que présente la taille de ces lentilles n'en sont pas moins très grandes. On atteint des grossissements de 1.000, 1.500 et même 2.000 d. ; mais c'est moins l'accroissement du grossissement au delà de ces limites que l'amélioration de la netteté des images et l'élimination des diverses aberrations qu'on cherche à obtenir par des calculs rigoureux et un contrôle expérimental sévère.

Des dispositifs variés ont été combinés pour permettre l'éclairement latéral, sur fond noir, des particules ultra-microscopiques. Citons, en particulier, celui de MM. Cotton et Mouton, construit par Pellin, qui leur a permis d'effectuer les recherches remarquables qui ont été résumées dans leur si intéressant ouvrage sur l'ultramicroscope.

L'avantage des procédés d'éclairage sur fond noir, pour l'examen de certains objets microscopiques, était connu de nos constructeurs bien avant les recherches sur l'ultramicroscope. Nachet employait des condenseurs formés de verres taillés en double cône, présentant une partie centrale dépolie et noircie, qui permettait « l'éclairage des corps transparents sur champ noir » et donnait, avec des objectifs moyens et d'un

1. J. Bosler : Les progrès des méthodes astrophysiques aux Etats-Unis. *Revue génér. des Sc.*, t. XXII, p. 108 ; 1911.

angle d'ouverture peu élevé, des résultats très intéressants.

L'industrie française des microscopes, représentée surtout par les maisons Nachet et Stiassnie, bien qu'occupant encore un rang honorable, a eu, ces dernières années, à subir la concurrence acharnée des firmes étrangères, dont les productions, au dire de bien des naturalistes, ne présentent pas toujours des avantages exceptionnels sur celles de nos constructeurs. Reconnaissons toutefois que l'industrie allemande ou austro-hongroise a su, plus tôt et parfois mieux que la nôtre, tirer parti des recherches qu'Abbe et son école ont consacrées à l'Optique géométrique en général et au microscope en particulier.

A propos des microscopes, c'est peut-être ici le lieu de dire un mot de toute une catégorie d'instruments qui ont été créés en vue de permettre le contrôle continu des opérations métallurgiques, en cours de fabrication.

Ces instruments, qui doivent être tout à la fois robustes et précis, sont relatifs à la métallographie, à la pyrométrie, à l'étude des points critiques, à la mesure des dilatations, etc.

La métallographie microscopique est une des méthodes des plus rapides et des plus précises pour l'étude de la constitution des produits métallurgiques. Elle comporte l'examen, sous lumière réfléchie, d'une surface parfaitement polie que l'on a soumise à l'action d'un réactif destiné à différencier les divers constituants, attaquant les uns et respectant les autres. Le microscope métallographique doit donc permettre l'éclairement de la surface polie. Celui de M. Henry Le Châtelier (fig. 1), à objectif renversé et oculaire horizontal, est d'une simplicité de fonctionnement qui a notablement contribué au progrès des recherches métallographiques. Signalons en passant que la métallographie est presque entièrement anglo-française ou franco-anglaise, avec Osmond, Guillemin, Charpy, Le Châtelier, Guillet, Robin d'un côté; de l'autre, Sorby, Roberts-Austen, Arnold, Stead, Hadfield, etc. Il y a là un exemple intéressant de la collaboration scientifique fructueuse des peuples aujourd'hui alliés.

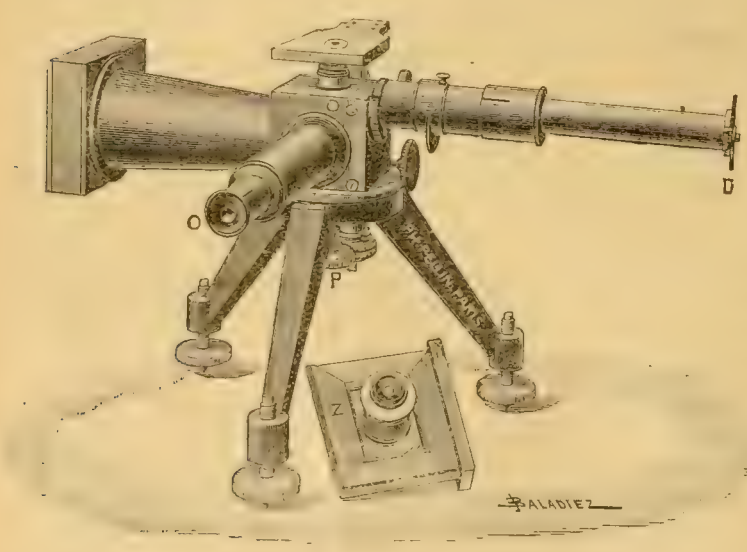


Fig. 1. — *Microscope métallographique de M. Henry Le Châtelier.*

Pour l'évaluation des températures des fours, on utilise soit des dispositifs thermo-électriques, dont la pince de M. Henry Le Châtelier représente un des modèles les plus pratiques, soit des dispositifs optiques. L'une des premières méthodes pour l'évaluation optique des températures élevées a été proposée par Crova, qui, vers 1880, avait effectué au Creusot une série d'essais intéressants. Depuis lors, la connaissance exacte des lois du rayonnement a permis de construire des pyromètres plus précis, comme la lunette de M. Féry ou le pyromètre optique de M. Henry Le Châtelier.

§ 3. — Spectroscopes

Le spectroscope, dont l'application à la Chimie et à l'Astrophysique a donné lieu à d'importantes découvertes de la part de nombreux savants français, tels que Janssen, Demarçay, Lecoq de Boisbaudran, MM. Deslandres, Urbain, etc., a été particulièrement bien traité en France, où ont vu le jour les savantes dispositions de Thollon qui permettent une dispersion considérable, et, plus récemment, de MM. Broca et Pellin. Ces dernières années, l'étude active de l'ultra-violet a provoqué la réalisation de nombreux modèles de spectrographes à prisme et lentilles de quartz. Cornu avait d'ailleurs donné depuis longtemps des indications précises pour la construction des spectroscopes destinés à l'ultra-violet. En 1900, un spectrographe, avec prisme de spath d'Islande dont l'axe était dirigé suivant l'arête, et objectifs en quartz taillés perpendiculairement à l'axe, a été construit sur les indications de Mascart, par la maison Pellin, pour M. Adam Paulsen, directeur de l'Institut météorologique du Danemark, qui l'a utilisé dans ses belles recherches sur les spectres des aurores boréales.

Dans les études relatives à l'absorption, on a souvent à comparer l'opacité de diverses régions

des spectrogrammes. MM. Buisson et Fabry ont combiné, à cet effet, un microphotomètre (fig. 2) qu'ils ont utilisé dans leurs recherches sur l'absorption de l'ultra-violet par l'ozone, et dont le principe consiste à égaliser l'opacité inconnue avec celle d'une plaque d'opacité dégradée suivant une loi connue (coin photométrique). M. Jules Baillaud a également construit, sur un principe analogue, un opacimètre intégrateur avec lequel il a poursuivi, depuis 1909, ses études de photométrie stellaire.

Aux spectroscopes doivent être rattachés les spectrophotomètres qui permettent la comparaison des sources de différentes colorations. Les modèles de nos constructeurs ont été établis sur les indications de physiciens éminents : Crova, Cornu, M. Gouy, M. Henry Le Châtelier, M. Violle, M. Féry, etc., et ont été minutieusement étudiés par eux.

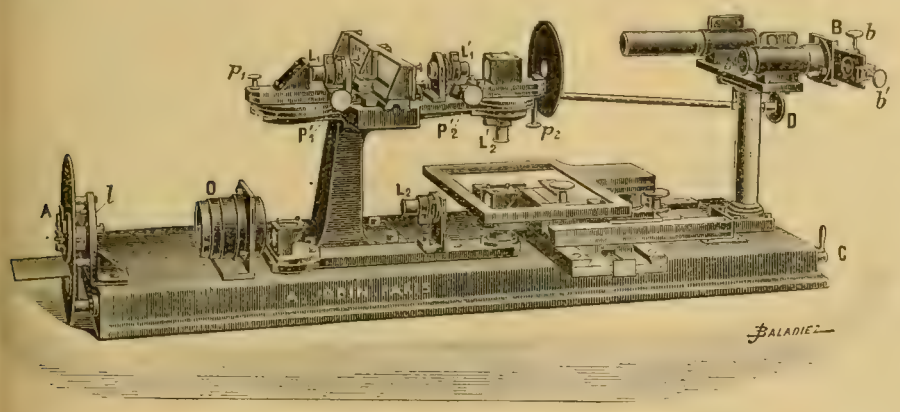


Fig 2. — *Microphotomètre de MM. Buisson et Fabry.*

§ 4. — Polarimètres

C'est sous l'impulsion de savants français, depuis Arago, Biot et Sénarmont jusqu'à Cornu, et entre les mains des constructeurs français Soleil et Laurent, que la polarisation a donné naissance à l'admirable instrument d'analyse que l'on sait. Fondé en 1815 par Biot sur la simple extinction des nicols, puis, en 1846, par Soleil, sur l'observation de la teinte sensible dans une plaque à deux rotations, le polarimètre est maintenant pourvu du polariseur à pénombre constitué, soit par le prisme coupé de Jelett et Cornu, soit par la lame demi-onde de Laurent, qui a — progrès considérable — permis de faire varier à volonté l'angle des deux plans principaux du polariseur. Diverses variantes ont d'ailleurs été proposées pour l'aspect du champ de vision, notamment celle des trois plages de Jobin et celle des plages circulaires concentriques de Pellin.

Les efforts des constructeurs ont porté sur une taille de plus en plus parfaite des diverses pièces optiques. On aura une idée de la précision qu'il faut apporter à cette taille si l'on songe qu'une erreur totale de 1 μ sur l'ensemble des quatre faces des deux lames prismatiques de quartz des compensateurs peut affecter d'une manière sensible le résultat d'une observation [1]. Et, en raison de l'importance des intérêts commerciaux et fiscaux régis par les indications de ces appareils dans le domaine de l'industrie sucrière, les Gouvernements eux-mêmes ont été amenés à se préoccuper de leur étalonnage. Les procédés de vérification proposés par Jobin, et basés sur l'emploi de plaques de quartz étalons, sont maintenant adoptés par tous les laboratoires d'essais officiels d'Europe et des États-Unis et, en particulier, à la Reichsanstalt de Charlottenbourg (Allemagne). La mesure des épaisseurs des quartz de rotation contraire, qui interviennent dans la série des étalons créés, a été obtenue par la méthode interférentielle de MM. Fabry et Pérot dont il sera question plus loin.

En fait, les polarimètres et saccharimètres de Laurent et de Soleil, perfectionnés par les constructeurs actuels, sont universellement répandus et réputés. La branche de l'industrie d'optique relative à la polarimétrie est demeurée une spécialité française.

§ 5. — Métrologie interférentielle

« Un rayon de lumière, écrivait Fizeau en 1864, avec ses séries d'ondulations d'une ténuité extrême mais parfaitement régulières, peut être considéré comme un micromètre naturel de la plus grande perfection, parfaitement propre à déterminer des longueurs ». On sait combien cette prédiction s'est trouvée justifiée et combien les franges d'interférence se sont admirablement prêtées aux mesures les plus précises des faibles longueurs.

L'évaluation du mètre en longueurs d'onde, effectuée pour la première fois en 1892-1893 par MM. Michelson et Benoît, a été reprise, en 1906,

1. En réalité, pour atténuer la difficulté de la taille des compensateurs à la précision requise, on procède par assortiment : les compensateurs sont taillés au mieux, puis étalonnés par comparaison.

par MM. Benoît, Fabry et Perot. Dans ces dernières expériences, on a pu mettre à profit le phénomène des franges de superposition blanches, obtenu par MM. Fabry et Perot, ainsi que les propriétés si intéressantes de l'alliage *invar*, découvert quelques années auparavant par M. Guillaume, et qui permet d'obtenir toutes les dilatations depuis 0 jusqu'à 2 millionièmes environ. Les supports des glaces jusqu'à l'étalon de 1 mètre de longueur ont été construits avec un alliage invar choisi de telle sorte que sa dilatation compensait exactement la variation de l'indice de l'air; aussi les étalons étaient pratiquement insensibles à la température et soumis simplement à l'influence de la pression. Les résultats de MM. Benoît, Fabry et Perot concordent au dix-millionième près avec ceux de MM. Michelson et Benoît, mais diffèrent d'environ 1/30.000 des données de Rowland sur lesquelles les physiciens ont vécu pendant un certain temps.

Les appareils utilisés dans les recherches de MM. Benoît, Fabry et Perot ont été construits par

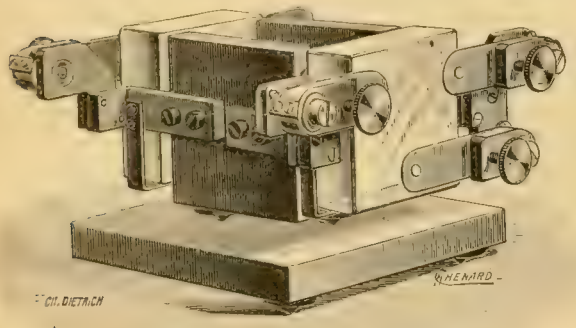


Fig. 3. — *Etalon interférentiel de 6 cm. 25.*

M. Jobin, dont « les soins extrêmes et l'habileté bien connue », reconnaissent les auteurs, ont grandement facilité l'exécution de ces minutieuses expériences. Ces savants mentionnent, en particulier, l'admirable perfection des surfaces planes des nombreuses glaces qui, ajustées sur leurs montures en invar, ont constitué toute la série des étalons interférentiels : cette perfection était une condition nécessaire du succès des opérations.

Ce sont également des procédés optiques que Macé de Lepinay, MM. Benoît et Buisson d'une part, Chappuis d'autre part, ont utilisé pour la mesure précise du volume du kilogramme d'eau. Les résultats, d'accord entre eux et d'accord avec ceux que M. Guillaume a obtenus par une méthode de contact mécanique, ont mis en évidence la perfection vraiment admirable avec laquelle Lefèvre-Gineau et Fabbroni avaient, cent ans auparavant, réalisé le kilogramme, conformément aux vœux des fondateurs du Système métrique.

Signalons que les cubes de quartz et de crown utilisés dans les expériences de Macé de Lépinay, MM. Benoît et Buisson et dans celles de Chappuis ont été taillés par Jobin ; les cylindres de bronze dont s'est servi M. Guillaume, tournés dans l'atelier de précision de la Section technique de l'Artillerie, ont été achevés par Jobin.

L'interféromètre (fig. 4) construit par Jobin sur les indications de MM. Perot et Fabry, en vue de la mesure optique des longueurs, peut être cité comme une merveille de délicatesse et de

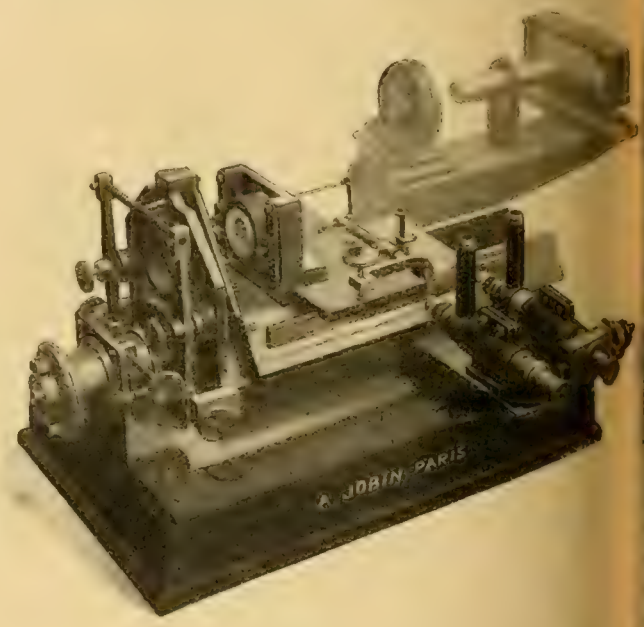


Fig. 4. — *Interféromètre Perot et Fabry (nouveau modèle).*

précision. Il est constitué par deux surfaces planes en verre argenté, munies de tous les organes possibles de réglage en orientation et déplacement : en particulier, on peut les amener au parallélisme rigoureux, et, tout en maintenant ce parallélisme, faire varier leur distance depuis 0 jusqu'à 10 cm., soit par un mouvement rapide, soit à l'aide d'un mouvement assez lent pour qu'on puisse compter les franges. Dans les premiers modèles, l'achèvement du réglage, qui exige des déplacements angulaires de l'ordre du quarantième de seconde et des déplacements linéaires de l'ordre du centième de micron, était obtenu à l'aide de petits soufflets en caoutchouc pleins d'eau dont on pouvait faire varier la pression en les reliant, par un tube également en caoutchouc, à un réservoir de hauteur variable. Dans le dernier modèle, construit pour la Chambre centrale des Poids et Mesures de Pétrograd, les soufflets en

caoutchouc ont été supprimés ; les réglages, tout aussi fins et beaucoup plus rapides, peuvent être réalisés par des procédés uniquement mécaniques.

L'interféromètre de MM. Perot et Fabry, outre les applications métrologiques que nous venons de signaler, constitue un spectroscope très puissant, dont le pouvoir de définition peut être indéfiniment accru en augmentant la distance des lames argentées, et un spectromètre précis avec lequel on a pu rectifier l'échelle des longueurs d'onde de Rowland.

M. Jobin a muni l'appareil précédent d'un contact optique qui permet d'en utiliser toute la précision pour l'étude des vis micrométriques, dont les pas, en toutes leurs régions, peuvent ainsi être exprimés en longueurs d'onde.

§ 6. — Instruments géodésiques

La plupart des grands instruments géodésiques construits en France dérivent du type de cercle azimutal créé par Perrier, avec la collaboration de Brunner, pour le Service géographique de l'armée ; ce cercle réitérateur, à limbe de 0 m. 40 de diamètre, est muni de quatre microscopes micrométriques donnant, directement, les 4″ et, par estime, les 0″4. Dans le même temps, Perrier, toujours avec la collaboration de Brunner, réalisait les premiers théodolites, réitérateurs à vernier qui ont été utilisés pour les opérations du 2e ordre en Algérie. Le général Bassot (1886) a adapté le microscope à ces théodolites dans lesquels le général Bourgeois a introduit, de son côté, l'oculaire micrométrique. Toutes ces modifications ont pu être réalisées grâce à la collaboration du constructeur Huetz, formé à l'école des Brunner, et d'une très grande habileté. De nombreux types, plus ou moins dérivés des précédents, sont construits par Balbreck, par Mirvault, etc.

Les instruments géodésiques comprennent encore les instruments méridiens portatifs, dans lesquels se trouvent reproduites les dispositions principales des grands cercles méridiens, et qui permettent de déterminer les latitudes et les longitudes avec une précision bien suffisante pour les besoins des explorateurs et des géographes. Ces appareils, construits avec beaucoup de soin, en particulier par Secretan, par Ponthus et Therrode, par Morin et Gensse, etc., sont toujours forcément un peu lourds et encombrants.

En vue de déterminer sur le terrain l'heure et la latitude au moyen d'un instrument qui donne une précision comparable à celle des instruments méridiens et qui soit tout à fait maniable, MM. Claude et Driencourt [1] ont imaginé l'*astrolabe à prisme*, qui permet d'appliquer sous une forme particulièrement commode la méthode des hauteurs égales de Gauss. Cet appareil se compose d'un prisme droit de flint, à base triangulaire équilatérale, dont les deux faces renvoient horizontalement dans une lunette les rayons émanés d'une étoile et de son image réfléchie par un bain de mercure d'une disposition pratique. L'appareil, théoriquement très simple, nécessite un système optique qui soit de premier ordre comme précision de fabrication. En particulier, le prisme, qui est la partie capitale de l'instrument, doit avoir ses faces très planes pour fournir, par réflexion, des images nettes qui permettent à l'oculaire des grossissements élevés. La maison Jobin obtient cette planéité parfaite des surfaces par l'application des procédés de contrôle interférentiels ; la valeur des angles, ainsi que le parallélisme des arêtes, sont obtenus avec une précision très grande, qui simplifie et facilite le réglage de l'instrument.

Les appareils de topométrie destinés aux mesures courantes ne diffèrent des appareils géodésiques que par des modifications de détails qu'ont apportées les constructeurs (Balbreck, Brosset, Guyard et Canary successeurs de Richer, Secretan, etc.) en vue d'objets particuliers.

La mesure des distances, en topométrie, s'effectue par des moyens optiques qui se réduisent, en principe, à des lectures faites dans deux directions très voisines sur des mires graduées, dites *stadias* ; ces lectures se font avec des théodolites, munis de dispositifs optiques, auxquels on donne le nom de tachéomètres. Les modèles établis par Brunner ont été peu à peu perfectionnés dans la suite, en particulier par M. Sanguet, de façon à suppléer par l'observation directe aux calculs qu'exigeait, à l'origine, la réduction des lectures fournies par l'instrument. Le tachéographe Schrader, que construit Carpentier, est un instrument extrêmement original ; le fait qu'il a pu être réalisé indique une perfection de construction tout à fait remarquable.

§ 7. — Appareils d'enseignement

Il convient, pour terminer ce qui est relatif à l'Optique de précision, de mentionner les appareils de toute sorte construits par Ducretet, Jobin, Massiot, Pellin, etc., en vue de l'enseignement. Dans les Universités françaises, où se perpétue la tradition d'expériences brillantes et élégamment exécutées, nombreux sont les

1. Voir la *Revue gén. des Sc.*, t. XVI, p. 972.

professeurs et les savants qui ont imaginé des dispositifs permettant de répéter simplement les diverses expériences relatives à l'Optique géométrique et à l'Optique physique. La lecture des catalogues de nos principaux constructeurs est instructive à cet égard : tout ce qu'on peut regretter, c'est le prix, parfois élevé, des appareils construits.

(*à suivre.*)

A. Boutaric,
Chargé d'un cours complémentaire de Physique à l'Université de Montpellier.

L'ACADÉMIE D'ARCHITECTURE
ET LES
PREMIÈRES MACHINES A VAPEUR ESSAYÉES EN FRANCE (1726)

I. — Comment l'académie d'architecture a connu la machine a vapeur

A quel moment du XVIIIe siècle l'emploi de la machine à vapeur s'introduisit-il en France? Quelle attention les hommes de l'époque apportèrent-ils à l'invention de Papin, si grosse d'avenir? Il me semble qu'on le sait assez peu, et l'on s'étonnera sans doute de voir l'Académie d'Architecture intervenir dans une question qui paraît si éloignée des préoccupations prêtées généralement aux architectes de l'époque classique. Mais, à vrai dire, on n'a pas connu jusqu'ici leur esprit, puisqu'on ignorait, ou peu s'en faut, qu'il exista de 1671 à 1793 une Académie royale d'Architecture et qu'on ignorait encore plus la nature de ses travaux. On peut s'en rendre compte aujourd'hui que les procès-verbaux de ses séances sont en cours de publication[1].

Or, j'ai précisément relevé dans le procès-verbal du 4 février 1726 (la date exacte a son importance) la mention suivante :

Du lundy 4e jour de février 1726. « MM. de Cotte ont présenté à l'Académie leur raport d'une machine exécutée en grand à Cachan et d'une autre en modèle, qui est dans la maison de M. Boffran à Paris, que M. Boffran a fait faire pour élever de l'eau par le moyen du feu, ainsy et à l'imitation de celles dont on se sert en Angleterre et sur les Mémoires qu'il en a eus. Lequel raport datté du 7 décembre 1725 (ici encore il faut garder la précision), signé MM. de Cotte, est demeuré annexé au registre[2]. »

Il s'agit, à n'en pas douter, de la machine à vapeur[1].

M. Koenigs, à qui j'ai soumis ce passage, a jugé qu'il soulevait un problème assez intéressant pour être présenté aux lecteurs de la *Revue*. Je m'autorise de sa compétence et de ses conseils pour en indiquer brièvement les termes et apporter ainsi une petite contribution à une histoire dont le cercle a beaucoup plus d'ampleur qu'on ne l'imaginerait. Je me bornerai, bien entendu, aux observations purement historiques.

Les noms mêmes des personnages cités ici ont leur intérêt. Robert de Cotte, le père (1656-1735), doit être considéré comme un des artistes les plus remarquables du temps de Louis XIV et de Louis XV. Collaborateur de Jules Hardouin Mansart à Versailles, à Marly, aux Invalides, il a construit nombre de châteaux et d'hôtels en France et les palais de Bonn et de Madrid, qui ont porté à l'étranger le renom de notre art. Germain Boffrand (1667-1752) appartient aussi à la lignée des grands maîtres. A elle seule, la décoration intérieure de l'hôtel Soubise donne l'idée d'un talent en parfaite harmonie avec le génie si élégant et spirituel des Watteau et des Boucher.

Et pourtant, ce sont ces artistes, si pénétrés de classicisme, si épris de grâce et de beauté, qui s'intéressent à une invention d'ordre purement scientifique, sans rapport avec l'architecture ou même, pouvait-on croire, avec la construction. Bien plus, on verra plus loin[2] que les deux machines mentionnées au procès-verbal avaient été construites pour Boffrand et une au moins d'après ses indications et ses idées personnelles[3].

1. Ils forment onze registres in-folio, conservés au Secrétariat de l'Académie des Beaux-Arts. La Société de l'Histoire de l'Art français en a entrepris la publication : *Procès-verbaux de l'Académie royale d'Architecture* (1671-1793), publiés pour la Société de l'Histoire de l'Art français, sous le patronage de l'Académie des Beaux-Arts, par Henry Lemonnier. T. I-IV (1671-1726), in-8°.

2. *Procès-verbaux...*, t. IV, p. 318. MM. de Cotte sont le père et le fils.

1. Cf. *Nouvelle manière pour lever l'eau par la force du feu, mise en lumière par M. Denis Papin...*, à Cassel, 1707. Réimpression par Hermann et fils à Paris, Barnéoud et Cie, à Laval, 1914, in-12.

2. Ci-après, p. 308.

3. On doit regretter vivement la perte du rapport de MM. de Cotte, qui n'a pas été inséré au registre, quoi qu'en

Mais, à cette date de 1726, l'Académie royale des Sciences n'avait-elle donc pas encore étudié l'invention appliquée en Angleterre et qui lui appartenait par le privilège même de son titre? S'était-elle laissé devancer par l'Académie d'Architecture?

II. — Rôle de l'Académie des Sciences

Si l'on consulte les procès-verbaux manuscrits et les diverses publications de l'Académie des Sciences, on voit qu'elle reçut communication de l'invention de Papin et que « Papin à Marpurg » fut nommé Correspondant de l'Académie, le 4 mars 1699.

En cette même année 1699, Guillaume Amontons, qui venait d'entrer dans la Compagnie, présentait un mémoire explicatif sur une *Pompe pour élever l'eau*. Ce qu'il en disait montre qu'elle n'avait rien de commun avec celle de Papin, soit qu'Amontons ne l'eût pas connue, soit qu'il n'en eût pas apprécié les avantages. La principale différence consiste en ce qu'il se servait seulement de l'air échauffé, non pas de l'eau réduite en vapeur.

« Après l'eau et l'air, disait le rapport, il nous reste un élément à subjuguer, c'est le feu, semblable en quelque sorte à ces Indiens que les Espagnols n'ont pu encore réduire à travailler dans leurs mines. M. Amontons ne désespère pas que l'on n'en tire à l'avenir autant de services que de l'air ou de l'eau. Il a imaginé pour cela une espèce de moulin dont nous essaierons de donner quelque idée[1]. »

Amontons avait expliqué, d'autre part, le bénéfice qu'on pouvait retirer de son invention, « le moyen employé tenant lieu de 39 chevaux ou de 234 hommes ». Il insistait sur les avantages pratiques de l'emploi du bois, remplacé au besoin par le charbon. « Comme le prix du bois consommé en 24 heures ne serait au maximum que de 78 livres[2], le bénéfice pourrait devenir considérable, d'autant plus qu'on pourrait en même temps faire servir les fourneaux à d'autres usages, comme à des vitrifications, à des fontes de métaux et à d'autres opérations de chimie ou d'ouvrages mécaniques où le feu est nécessaire. » Il reconnaissait d'ailleurs qu'il se bornait pour le moment à poser le principe[1]. Il mourut prématurément en 1705.

L'Académie n'attacha pas grande importance à cette communication; elle paraît avoir oublié aussi la machine de Papin ou encore le mémoire du célèbre Huyghens, sur un moteur à explosion à l'aide de la poudre[2]. Toutes ces découvertes, sans doute, ne lui semblaient pas utilisables et leurs auteurs eux-mêmes ne les présentaient guère que comme des « idées à perfectionner ». D'ailleurs, la guerre de la succession d'Espagne suspendit, de 1700 à 1715, toutes relations avec la Hollande, l'Allemagne et l'Angleterre.

Mais l'invention de la machine à vapeur se formulait techniquement dans ce dernier pays, se développait, entrait dans la voie des réalisations utiles.

Cependant il faut, semble-t-il, attendre l'année 1726 pour voir l'Académie des Sciences s'en occuper.

Voici ce que porte le procès-verbal de la séance du 11 mai 1726 : « MM. Donsenbray et de Réaumur ont parlé ainsi sur une machine à élever l'eau par le moyen du feu, exécutée par MM. May et Meyer, anglois[3] : « Nous avons examiné par ordre de l'Académie une machine à élever l'eau par le moyen du feu, exécutée à Passy ».

Suit la description, qui est bien celle de la machine à vapeur moderne, avant les grands et décisifs perfectionnements. Puis les effets : la machine donne, 6.975 pieds cubes d'eau ou 871 muids[4] 7 pieds par heure, 20.925 muids par 24 heures. Cette eau est élevée à plus de 30 pieds de hauteur. « Il nous a paru que, pour produire cet effet, on consommait environ cinq voyes de bois par jour... On trouvera qu'il y aurait de l'épargne (à user d'une plus grande quantité de combustible) et que ce seroit un des bons moyens de procurer des quantités d'eau considérables aux grandes villes comme Paris...

« Enfin, quoique cette machine soit une de celles qui font grand honneur au génie de leur inventeur, il ne paraît pas impossible de la perfectionner, de trouver des moyens de lui faire produire plus d'effet à moindres frais, soit en

---

dise le procès-verbal. Je l'ai cherché vainement, ainsi que « les papiers venus d'Angleterre ».

1. La description en est donnée dans l'*Histoire de l'Académie*, année 1699, p. 101-103, et, une seconde fois, plus détaillée, dans les *Mémoires de l'Académie*, même volume, p. 112-126: *Moyen de substituer commodément l'action du feu à la force des hommes et des chevaux pour mouvoir les machines*.

Amontons, né en 1663, mort en 1705, venait d'être nommé à l'Académie. On le considère comme un des savants les plus remarquables du temps et un des génies les plus inventifs.

2. En 1699, la livre valait 1 fr. 70 environ.

1. Est-ce pour cela que Fontenelle, dans son *Eloge d'Amontons*, ne fait pas même allusion à ces expériences?

2. Voir le T. X des *Mémoires de l'Académie, de 1666 à 1699* (p. 303). L'abbé Gallois y parle de différents ouvrages de Mathématique et de Physique antérieurs à 1693.

3. *Procès-verbaux de l'Académie des Sciences*, t. XLV, p. 161 et suiv.

4. Le muid de Paris valait environ 268 litres.

employant plus abondamment le bois pour chauffer la chaudière, soit en refroidissant davantage la vapeur, et plus subitement. De sorte que nous pensons que l'établissement de cette machine dans le royaume ne pourrait être que très avantageux[1]. »

Or, ce compte rendu est du 11 mai 1726, tandis que le rapport de de Cotte avait été rédigé en décembre 1725 et lu le 4 février 1726, nous l'avons dit. On va voir que Boffrand réclama la priorité à son bénéfice... et à celui de ses confrères.

On lit dans le procès-verbal du 6 juillet 1726 (Académie des Sciences) : « M. de Boisfranc, architecte, ayant été renvoyé (*sic*) à l'Académie pour une machine à feu, comme celle des Anglais de Passy, on a nommé M. Donsenbray et de Réaumur (pour l'examiner)[2] ».

Ils ne lurent leur rapport qu'au bout de six mois, le 11 janvier 1727[3]. Voici leurs conclusions :

« Nous avons examiné par ordre de l'Académie une machine pour élever l'eau par le moyen du feu, que M. de Boffrand, architecte du Roy et inspecteur des ponts et chaussées, a fait construire à Cachan.

« Les principes en sont les mêmes que ceux des premières machines de ce genre qui ont été connues. Elle diffère de celle que les Anglais ont construite à Passy, en ce que dans la leur l'élévation de l'eau est produite par la pesanteur de la colonne d'air, qui agit lorsque la vapeur a été condensée, au lieu que dans la machine exécutée par M. de Boffrand, la vapeur elle-même est le moteur qui élève l'eau du récipient à un réservoir qui est quinze pieds au-dessus, par un tuyau de 5 pouces de diamètre.

... « Cette machine nous a paru donner environ 3 coups de piston par minute, l'effet des trois ensemble peut être évalué à 30 pintes d'eau[4]. Nous ne saurions cependant rien prononcer de positif sur la quantité d'eau qu'elle peut fournir, sur la consommation du bois qui y est nécessaire, parce que, n'ayant été faite que pour un essay, on avait négligé de faire les dépenses nécessaires pour la mettre en état d'aller longtemps sans interruption... Du reste, on peut attendre du génie de M. de Boffrand qu'il tirera de cette machine tout le parti qu'on en peut tirer.

« Il nous a fait voir aussi le modèle d'une autre machine, réduit du pied au pouce, qui est semblable à celle qui a été construite à Passy par les Anglais ».

Et le procès-verbal ajoute ceci, en réponse, à coup sûr, à une réclamation formelle de Boffrand :

« Il nous a aussi produit copie d'un certificat de MM. de Cotte, daté du 7e décembre 1725, par lequel il paraît que ces Messieurs avaient dans ce temps vu l'épreuve de la première machine et examiné le modèle de la seconde; la copie de ce certificat est signée Félibien, secrétaire de l'Académie royale d'Architecture, est (*sic*) du 5e février 1726.[1] »

La question, on le voit, paraît nettement résolue.

A vrai dire, la confiance de l'Académie des Sciences dans « le génie de M. Boffrand » ne se trouva pas justifiée, car on ne rencontre plus chez lui aucune trace de ces premiers essais. Il n'en dit rien dans son *Livre d'architecture* publié en 1745. Au puits de l'hospice de Bicêtre, il employa encore les anciens procédés pour élever l'eau.

Au contraire, May et Meyer cherchaient au moins à tirer un parti industriel de la machine qu'ils avaient installée, car ils sollicitèrent en 1727 un privilège sur lequel l'Académie des Sciences fut consultée.

Mais, après cela, je crois qu'il s'écoula un certain temps avant que celle-ci s'intéressât de nouveau à l'invention. Tout au moins, ne vois-je aucune indication qui y soit relative ou dans l'*Histoire de l'Académie*, ou dans les *Mémoires de l'Académie*, ou dans le *Recueil des Machines*. L'Académie d'Architecture semble être devenue aussi indifférente.

C'est peut-être dans le grand ouvrage de Bélidor sur l'architecture hydraulique, publié en 1737-1739[2], qu'on rencontre pour la première fois des renseignements assez précis sur la machine à vapeur, pour employer le terme moderne, et sur l'historique de sa découverte. Le chapitre III du livre IV a pour titre : *Des machines pour tirer l'eau des puits fort profonds, principalement de celles qui sont mues par l'action du feu*[3].

1. Je donne la description d'après les procès-verbaux manuscrits, t. XLV, p. 165; on en trouvera deux autres, l'une dans l'*Histoire de l'Académie des Sciences* (année 1726, p. 71), où je note ces termes : « On ne connait pas le nom de l'inventeur qui était anglais aussi », ce qui justifie ce que nous disions ci-dessus de l'oubli qui s'était fait autour de la découverte. Une autre description plus complète, avec planches, se trouve dans le *Recueil des machines et inventions approuvées par l'Académie* (T. IV, p. 185-188).

2. *Procès-verbaux manuscrits*, t. XLV, f° 211.

3. *Id. ib.*, t. XLVI, f°s 9-10. Voir une autre description et la description de la seconde machine dans le *Recueil des Machines...*, t. IV, p. 191-201 (planches).

4. 1 pinte = 1 litre environ.

1. On lit d'autre part dans le *Recueil des Machines...*, p. 191 : « M. de Bosfrand (qui assure n'avoir eu aucune communication de la précédente (machine), quoiqu'elle ait été exécutée en Angleterre) ».

2. *L'Architecture hydraulique ou l'art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différents besoins de la vie*, 2 vol. in. 4°, 1737-1739.

3. T. II, p. 308-311.

Bélidor déclare que Papin en Allemagne, Savery en Angleterre et même un peu Amontons en France ont droit à la priorité en ce qui concerne l'invention scientifique. Il mentionne aussi le « célèbre docteur Désagulier, qui a fait de nombreuses expériences sur les machines à feu ». Quant à l'application, la machine de Savery, avec les perfectionnements de Newcomen, lui semble très supérieure à celle de Papin[1]. Il ajoute que toutes celles qui existent en France (il y en avait donc plusieurs) viennent d'Angleterre. Il en cite une seule, établie à Fresnes, près de Condé [2], qui sert à épuiser l'eau d'une mine de charbon. Il a été l'examiner et en donne la description.

Il serait bien intéressant de savoir ce qu'était devenu l'établissement de May et Meyer; si le public apporta quelque attention à ces premiers essais, si même il les connut, etc.

Autant de questions à réserver. Je note seulement que ni dans les deux *Encyclopédies*, ni dans les *Dictionnaires* du XVIIIe siècle, la machine à vapeur ne figure et que le mot même n'est pas employé.

III. — Les sciences a l'Académie d'architecture.

Lorsque l'Académie d'Architecture étudiait, fut-ce en passant, une invention mécanique, elle ne sortait pas de ses traditions, autant qu'on pourrait le croire.

Beaucoup de ses membres avaient reçu une culture scientifique assez développée. Les premiers professeurs et directeurs de l'Académie, Blondel (1618-1686), Philippe de la Hire (1650-1718), faisaient partie aussi de l'Académie des Sciences; ils ont publié des ouvrages de Mathématiques, d'Astronomie, de Mécanique, de Géométrie, très appréciés, en même temps qu'ils enseignaient l'Architecture.

Il arriva que les deux Académies, sans avoir entre elles de liens ni de rapports directs, traitèrent les mêmes sujets, de sorte que les mémoires de l'une figurent également chez l'autre.

Les architectes se conformaient ainsi aux principes énoncés par Vitruve et repris par les théoriciens de la Renaissance. Blondel déclare qu'il faut joindre à l'étude de l'art celle de certaines sciences indispensables : « La Géométrie, la Mécanique, c'est-à-dire les forces mouvantes, l'Arithmétique, les hydrauliques, la perspective (même la gnomonique) et diverses parties de Mathématique[1] ».

Aussi voit-on sur la médaille frappée en souvenir de la fondation de l'Académie d'Architecture, la déesse Minerve et, à côté de colonnes antiques, le compas, l'équerre et même des figures de géométrie.

Henry Lemonnier,
Membre de l'Institut.

* * *

Note de M. Kœnigs

J'aurais bien souhaité pouvoir satisfaire au désir qui m'a été très aimablement exprimé de me voir donner ici une note de caractère technique, analysant au point de vue moderne ces curieuses inventions qu'exhume le savant auteur de cet article. Malheureusement des devoirs beaucoup plus actuels m'empêchent de m'arrêter aujourd'hui sur les tâtonnements, pourtant bien instructifs, de ce lointain passé.

Ce n'est pas qu'un article sur ce sujet n'aurait aucun intérêt d'actualité. Peut-être empêcherait-il que l'imagination de quelques inventeurs modernes peu instruits, mais confiants en eux-mêmes, ne soit tentée de faire inconsciemment revivre ces machines fossiles qui leur apparaissent nouvelles et qui s'offrent à eux avec l'attrait décevant de ne pas ressembler à celles qui existent de nos jours. Il serait bon qu'ils connussent la sélection qu'a opérée le temps, et qu'ils apprissent que seules ont vécu les idées qui étaient nées viables.

De ces idées viables il serait aussi fort intéressant de saisir la première manifestation et de les surprendre à l'état embryonnaire. N'est-ce pas un charme de lire, par exemple, à propos de la machine de Passy, dans le rapport de Donsenbray et Réaumur à l'Académie des Sciences, le 11 mai 1726, qu'un moyen de perfectionner la machine à vapeur consiste à employer plus de bois pour chauffer la chaudière et à refroidir beaucoup la vapeur. Cela revient à dire qu'il y a avantage à élever la température de la source chaude et à abaisser celle de la source froide, pensée qui a reçu, presque un siècle plus tard, sa consécration par le principe de Carnot et qui se traduit de nos jours avec précision par la notion de *fraction disponible*.

L'article si documenté de M. Lemonnier intéressera certainement les lecteurs de la *Revue*. On ne peut que souhaiter qu'il suscite des réponses de nature à éclairer les débuts de la grandiose histoire de la machine à vapeur.

G. Koenigs,
Professeur à la Sorbonne,
Directeur du Laboratoire de Mécanique
de la Faculté des Sciences de Paris.

---

1. Sauf le fait que la machine de Papin se prête à plus d'usages variés : donner le mouvement à des meules, des pilons, etc.

2. Département du Nord, arrondissement de Valenciennes. On y exploite encore la mine de houille découverte au XVIIe siècle.

3. Je laisse de côté ces questions qui vaudraient une étude particulière. On en trouverait les éléments dans les *Procès-verbaux de l'Académie d'Architecture*, t. II, p. 152, 154, 161, 168, 197, 225, 247, etc.; t. III, p. 146, 163, 263, 265. La Hire a lu trois mémoires au moins aux deux Académies. Cf. *Mémoires de l'Académie des Sciences*, t. II, p. 55, 221; t. III, p. 147-252; année 1707, p. 188-192, 549-553 (et un mémoire lu en 1699). Je voudrais au moins signaler le rôle prépondérant joué par l'Académie d'Architecture dans la construction et la réparation des ponts, qu'il s'agisse de théorie ou de pratique, de Jules Hardouin Mansart, de Boffrand ou de Gabriel (Pont-Royal à Paris, ponts de Nantes, de Blois, de Lyon, de Moulins, de Sens, de Sèvres, etc. Voir les tables des noms de lieux des 4 premiers volumes des procès-verbaux).

1. *Cours d'architecture*. Préface, p. 2, 4, 5, et *Procès-verbaux de l'Académie*, t. I, p. 1-3.

REVUE DE CHIMIE MINÉRALE

La grande industrie chimique a pris dans ces derniers temps en France un développement inespéré, et les efforts réalisés laissent supposer que nous pourrons bientôt occuper, dans bien des branches, la première place dans le monde. Nous aurons l'occasion de décrire plus tard le travail gigantesque qui a été fait. Nous ne retiendrons pour le moment que celui qui a été accompli avant la guerre dans la fabrication de la fonte.

La France s'achemine à occuper le premier rang en Europe parmi les pays producteurs de minerai de fer, et la création de nouveaux hauts fourneaux permet d'espérer que, dans peu de temps, elle sera le second pays européen de production de fonte et le troisième dans le monde. Dans la période de 1900 à 1910, les Etats-Unis ont porté leur fabrication de fonte de 14 millions de tonnes à 28 millions ; l'Allemagne doublait également sa production, qui passait de 7 à 15 millions de tonnes, pendant que l'Angleterre ne progressait dans ces dix dernières années que d'un million de tonnes environ pour atteindre 10 millions. La France resta également stationnaire de 1900 à 1910 et sa production n'augmenta que d'un million de tonnes. Puis, la fabrication devint si intense que, de 1910 à 1913, on arriva à atteindre le double de la production antérieure.

Cette industrie a pu se développer à ce point parce que notre richesse en minerai de fer est extraordinaire. Tandis que l'Allemagne ne possède que peu de minerai, de qualité médiocre, et qu'elle est tributaire des pays étrangers, en particulier de la Suède, nos bassins français sont riches en minerai de bonne qualité. Nous donnerons ultérieurement un développement approfondi des richesses des différents centres de production. Par suite de la production énorme de minerai de fer, on pouvait penser que le développement de l'industrie métallurgique en France prendrait un grand essor. Cette industrie, primitivement localisée, s'étend dans toutes les régions. En outre, nous sommes devenus un pays exportant de grandes quantités de minerai. En 1913, les exportations ont atteint 10 millions de tonnes, soit près de la moitié de notre production.

La fabrication des aciers de toute espèce : aciers au vanadium, au tungstène, au molybdène, au chrome, etc., s'est développée également avec une grande intensité.

I. — MÉTALLOÏDES

Nous avons indiqué, dans la dernière Revue de Chimie minérale [1], l'intérêt qui s'attachait à la préparation industrielle de l'hydrogène à bon marché, pour les usages industriels, tels que l'hydrogénation des huiles, la fabrication synthétique de l'ammoniaque. Nous avons cité en particulier le procédé électrolytique, qui fournit de l'hydrogène à 0 fr. 50 le mètre cube, et la fabrication à partir du silicium, que les usines d'Electrochimie de Bozel préparent à bon marché.

Les usines allemandes n'ont pas manqué de voir l'importance que pouvait présenter la fabrication de ce corps, et elles ont cherché à modifier les vieux procédés de préparation de l'hydrogène, de manière à les rendre pratiques et peu coûteux.

L'un des procédés consiste à utiliser l'action de la vapeur d'eau sur le fer chauffé au rouge. C'est autour de cette réaction simple que gravitent les récents brevets, pris en 1913, par la Badische Anilin und Soda Fabrik. L'un d'eux consiste à faire réagir la vapeur d'eau sur l'oxyde de carbone, en présence du fer ou de ses oxydes, agissant comme catalyseurs, dans des conditions telles que la température ne dépasse pas 650°, et soit de préférence de 600°. Il faut régler la température des gaz à traiter avant leur entrée dans la chambre de contact, de façon à éviter une élévation de température qui dépasserait la limite indiquée. La réaction fournit de l'hydrogène et de l'anhydride carbonique que l'on sépare par liquéfaction :

$$CO + H^2O = CO^2 + H^2.$$

Cette réaction est la préparation classique de l'hydrogène à partir du charbon et de la vapeur d'eau, qui fournit le gaz à l'eau, $CO + H^2$, que l'on dirige ensuite avec de la vapeur d'eau dans un tube rempli de fragments de porcelaine, chauffé au rouge. Il se fait la réaction :

$$CO + H^2 + H^2O = CO^2 + 2H^2.$$

On pouvait se demander si ce procédé était susceptible d'être breveté. En réalité, on a pris du fer en poudre fine que l'on a incorporé à des substances poreuses, de manière à former des

1. Voir la *Revue gén. des Sciences* du 15 janvier 1915, t. XXVI, p. 21.

briquettes, boulets, tubes, etc., qui offrent ainsi aux gaz une plus large surface de contact. C'est là le point nouveau et fondamental de ce brevet : application des briquettes poreuses contenant du fer, en vue de la préparation d'hydrogène.

Quelques mois après le dépôt de ce brevet, la Badische revendiquait un nouveau procédé pour produire en marche continue de l'hydrogène, par oxydation et réduction alternatives du fer par la vapeur d'eau et les gaz réducteurs épurés. Il consiste à chauffer préalablement les gaz réducteurs épurés et la vapeur d'eau, dans des régénérateurs de chaleur séparés de la chambre de réaction, le chauffage de ces régénérateurs se faisant par la combustion de l'excès des gaz réducteurs, soit seuls, soit avec addition de gaz frais.

Presque en même temps, Messerschmidt faisait breveter un procédé consistant à envoyer sur des masses de fer chauffées (oxydes, minerais de ferromanganèse, briquettes d'oxyde de fer, etc.), un courant de vapeur d'eau, et à réduire l'oxyde de fer formé à l'aide d'un gaz réducteur. La nouveauté de ce brevet résiderait dans l'emploi d'un gaz à faible capacité calorifique pour le chauffage des masses de fer, tandis que, pour la réduction de l'oxyde formé, on emploie un gaz réducteur à pouvoir calorifique élevé. On obtiendrait ainsi une réduction aussi complète que rapide. D'un autre côté, l'emploi d'un gaz à faible pouvoir calorifique pour le chauffage des matières premières évite une surchauffe nuisible, pouvant donner naissance à de graves inconvénients dans l'exploitation.

Dans un brevet plus récent, la Badische utilise la réaction du méthane, ou des gaz riches en méthane, sur la vapeur d'eau, en présence de catalyseurs portés à haute température. Il se forme ainsi de l'hydrogène, de l'oxyde de carbone et de l'anhydride carbonique. Ces derniers sont séparés par l'air liquide :

$$CH^4 + 2H^2O = CO^2 + 4H^2$$
$$CH^4 + H^2O = CO + 3H^2.$$

Ces réactions, déjà connues, ne s'effectueraient que lentement et incomplètement avec les catalyseurs utilisés jusqu'à présent, dès qu'il s'agit de courants gazeux d'une vitesse suffisante pour permettre une exploitation industrielle. Au contraire, en disposant le nickel ou ses oxydes sur un support réfractaire, et en opérant à des températures supérieures au rouge sombre, 700°, on obtiendrait de bons résultats. Il serait particulièrement avantageux d'utiliser comme supports des corps qui ne réagissent pas avec les oxydes de nickel dans les conditions dont il s'agit, les masses de contact pouvant alors servir pendant très longtemps sans perdre de leur activité. On obtient ainsi un mélange gazeux ne renfermant que peu ou point d'hydrocarbures et fournissant, après l'élimination des oxydes du carbone, de l'hydrogène pouvant servir par exemple à la synthèse catalytique de l'ammoniac.

On voit que tous ces brevets ne sont que des modifications de réactions déjà connues et l'on peut se demander jusqu'à quel point ils peuvent être revendiqués.

Enfin, une dernière méthode de préparation de l'hydrogène consiste à faire le gaz à l'eau, $CO + H^2$, et à enlever l'oxyde de carbone par l'air liquide. Cet oxyde de carbone servirait ensuite au chauffage.

Une société allemande, dite Société de l'Hydrogène, formée par la Badische, la Bamac, la Société industrielle de l'Hydrogène, la société Linde, Frank et Caro, etc., posséderait ces brevets et paraissait décidée, avant la guerre, à accaparer le marché de l'hydrogène.

Cette société a averti, par lettre recommandée, tous les industriels français qui utiliseraient ces procédés qu'elle intenterait des poursuites et demanderait des sommes qui devaient varier suivant l'importance des usines. Cette prétention devra disparaître, car il sera loisible de discuter la valeur de tous ces brevets.

Berthelot et Gaudechon, poursuivant leurs recherches sur les actions de la lumière violette, ont étudié la dissociation d'un certain nombre de gaz hydrogénés de la famille du chlore et de celle de l'oxygène. Comme la chaleur, la lumière dissocie les composés gazeux, et ces deux modes de décomposition présentent un parallélisme complet. Les gaz faciles à décomposer par une température modérée le sont aussi par des radiations de fréquence moyenne. C'est le cas de l'acide iodhydrique, de l'hydrogène sélénié. L'ultra-violet initial produit la destruction de ces corps en leurs éléments. Au contraire, les gaz dissociés seulement à haute température, comme le gaz chlorhydrique, la vapeur d'eau, ne sont décomposés que par les radiations très rapides de l'ultra-violet extrême.

De même que les phénomènes de dissociation par la chaleur sont généralement réversibles, ceux que produit la lumière le sont également.

On sait que la dissociation du gaz chlorhydrique ne commence à devenir appréciable par la chaleur qu'à une température supérieure à 1500°. Pour l'effectuer à l'aide de la lumière, il est nécessaire d'employer les radiations de longueur d'onde

de 0μ2, correspondant à l'extrême ultra-violet. Si on met l'acide en présence de mercure, le chlore est fixé par ce métal, et il reste de l'hydrogène pur. Les auteurs ont décomposé aisément en une heure plus de 10 % de l'acide chlorhydrique mis en traitement.

L'acide bromhydrique, plus facile à dissocier par la chaleur, puisqu'il suffit d'une température un peu supérieure à 700°, n'est pas transformé par la lumière visible ; mais la destruction a lieu rapidement devant une lampe à mercure. Ainsi, un échantillon de ce gaz, placé dans un tube de quartz, sur le mercure, n'a subi en 24 heures, soit à l'obscurité, soit à la lumière diffuse, aucune variation de volume. A l'aide d'une lampe à mercure du type 220 volts, et après 8 heures d'exposition, l'acide bromhydrique s'est totalement décomposé en brome fixé par le mercure et en hydrogène pur.

On sait que, pour effectuer la combinaison du gaz tonnant, mélange d'hydrogène et d'oxygène, il faut élever la température jusqu'à 600°. De même, ce système ne commence à se combiner que lorsqu'on utilise des radiations voisines de 0μ2, c'est-à-dire les radiations de l'ultra-violet extrême. La réaction est encore assez lente.

Inversement, la vapeur d'eau n'est dissociée par la chaleur qu'à une température voisine de 1.300°. De même, l'ultra-violet extrême est nécessaire pour effectuer sa destruction. L'action de la lumière sur l'hydrogène sulfuré n'a jamais été étudiée. Ce gaz, lorsqu'il est pur et sec, se conserve bien à la lumière diffuse, sans dépôt de soufre, même après plusieurs années. Mais il est facilement décomposé par la lampe à mercure avec dépôt de soufre opaque, qui arrête peu à peu l'action des rayons. Il reste de l'hydrogène pur. L'hydrogène sélénié et l'hydrogène telluré ont une instabilité encore plus grande. Et, de même que la chaleur, la lumière décompose aisément le premier, et le second se détruit en quelques heures dans l'obscurité.

On voit que, dans une même famille, la stabilité des composés hydrogénés vis-à-vis de la lumière va en décroissant à mesure que le poids atomique de l'élément électro-négatif augmente. Cette relation est de même nature que celle que fournit la chaleur.

L'action de l'eau oxygénée sur les différents sels a été étudiée par un certain nombre d'auteurs. D'Ans et Wedrey, en dirigeant un courant de gaz ammoniac sec dans une solution d'eau oxygénée pure dans l'éther absolu, refroidie à — 10°, ont obtenu des cristaux adhérant aux parois du tube de verre qui amène l'ammoniac. En continuant l'action de l'ammoniac, les cristaux disparaissent et il se forme au fond du vase une couche huileuse très lourde. L'analyse a montré que les cristaux représentent un hydroperoxyde d'ammonium, $NH^4 — O — O — H$, et l'huile lourde, qui se prend en cristaux lorsqu'on la refroidit à — 40°, est un peroxyde d'ammonium : $NH^4 — O — O — NH^4$. Ce sont des corps du type eau oxygénée.

Kazanetzky a fait dissoudre le carbonate de cæsium dans de l'eau oxygénée à 30 %. La température s'élève graduellement, et bientôt la masse mousse et dégage du gaz contenant de l'anhydride carbonique. Si l'on refroidit par un mélange de glace et de sel marin, on évite tout dégagement gazeux, et l'addition d'alcool produit un précipité cristallin, qui lavé à l'alcool, puis à l'éther, et desséché, a la composition : $CO^5Cs^2.2H^2O$. Ce percarbonate, traité par de l'acide sulfurique, dégage de l'ozone.

Dans les mêmes conditions, le carbonate de lithium n'a rien donné. Il en est de même du carbonate de magnésium sec. Par contre, le sel fraîchement précipité se dissout dans l'eau oxygénée à 30 °/₀, avec dégagement de gaz contenant de l'anhydride carbonique. Mais aucun percarbonate n'a pu être isolé. Il en est de même avec le carbonate de zinc ; il se produit seulement un peroxyde, $Zn\,O^2.H^2O$.

Sur l'hydrate de glucinium, ou sur le carbonate, l'eau oxygénée réagit également en donnant du peroxyde de glucinium.

L'action de l'anhydride sulfurique sur différents sels a conduit Traube à la préparation d'un certain nombre de sels halogéno-sulfoniques inconnus. Une molécule de chlorure de sodium absorbe deux molécules de SO^3 avec formation d'une masse cristalline de formule $NaCl.2SO^3$, que l'on peut écrire :

$$O \begin{cases} SO^3Na \\ SO^2Cl. \end{cases}$$

Ce chloropyro-sulfonate de sodium fume à l'air et est vivement décomposé par l'eau. L'alcool agit moins violemment.

Le chlorure d'ammonium se liquéfie d'abord sous l'action de l'anhydride sulfurique et donne ensuite un produit cristallisé de chloropyrosulfonate d'ammonium, $NH^4Cl.2SO^3$, dont les propriétés sont semblables à celles du sel de sodium.

Avec les fluorures, on obtient des produits différents des précédents. Le fluorure de sodium absorbe lentement SO^3, en fournissant un fluosulfonate de formule $F.SO^3Na$, qui peut

être aisément séparé du fluorure de sodium inaltéré par extraction à l'alcool. Ce sel est indécomposable par l'eau. Le fluorure d'ammonium réagit plus aisément que le fluorure de sodium, et le produit de la réaction, traité par l'alcool méthylique, donne une solution qui cristallise. C'est le fluosulfonate d'ammonium $F.SO^3NH^4$. Les autres fluorures réagissent de la même manière. Il se fait dans tous les cas les sels de l'acide fluosulfonique $F.SO^3H$, déjà obtenu par Thorpe et Kermann en unissant l'acide fluorhydrique et l'anhydride sulfurique purs et bien refroidis. Lorsqu'on chauffe le fluosulfonate de sodium dans une atmosphère d'oxyde de carbone, il se forme un gaz qui n'est pas absorbable par la potasse; c'est le fluorure de sulfuryle, identique à celui que Moissan et Lebeau ont préparé en 1901 :

$$2F.SO^3Na = SO^4Na^2 + SO^2F^2.$$

L'acide chlorosulfonique, traité par le soufre ou du chlorure de soufre, seul ou en présence d'un catalyseur tel que le chlorure d'antimoine, le chlorure mercurique ou les chlorures d'autres métaux, fournit au contraire du chlorure de thionyle : $SOCl^2$.

Ce chlorure de thionyle a été obtenu également en faisant réagir l'oxychlorure de carbone sur l'anhydride sulfureux à la température de 200° :

$$COCl^2 + SO^2 = CO^2 + SOCl^2$$

Mais il se forme en même temps une réaction accessoire qui donne du chlorure de soufre :

$$2COCl^2 + SO^2 = SCl^4 + 2CO^2$$

On peut faire dominer la première réaction, si l'on opère à la température la plus basse et avec un excès de gaz sulfureux. Les réactions sont produites en dirigeant les gaz sur une substance de contact telle que le charbon de bois. L'oxychlorure de carbone peut être partiellement ou entièrement remplacé par un mélange de chlore et d'oxyde de carbone.

Le chlorure de thionyle réagit sur les sulfures des différents métaux (zinc, cadmium, argent, fer, cuivre, mercure, etc.). Il suffit de chauffer les deux corps en tube scellé à 150-200°. Il se fait la réaction suivante :

$$MS + 2SOCl^2 = MCl^2 + SO^2 + S^2Cl^2$$

La formation des chlorites à côté des chlorates a été signalée par Millon. Par action du bioxyde de chlore sur les alcalis, il a obtenu les chlorites de potassium et de sodium. Par double décomposition à partir de ces sels, les chlorites d'argent, de plomb, de baryum et de strontium ont été obtenus. Bruni et Lévi ont préparé des chlorites variés et décrit certaines de leurs propriétés. Le chlorite de baryum, $(ClO^2)^2Ba$, peut être obtenu absolument privé de chlorure par action d'un mélange de peroxyde de chlore et d'anhydride carbonique sur du bioxyde de baryum en suspension dans de l'eau oxygénée. En traitant ce chlorite par du sulfate de soude, on obtient une double décomposition, et la liqueur, séparée du précipité de sulfate de baryte, évaporée à la température ordinaire, laisse le chlorite de sodium. Egalement, le chlorite de mercure, $(ClO^2)^2Hg$, a été obtenu par double décomposition entre le chlorite de baryum et le nitrate mercurique. Les réactions connues des chlorites ont été retrouvées. On a montré que ces chlorites ne donnent pas de précipité avec le bichlorure de mercure, et précipitent au contraire en rouge avec les solutions moyennement concentrées de nitrate mercurique. Le sulfate ferreux fournit une coloration brune. La brucine et la diphénylamine se comportent avec les chlorites comme avec les chlorates, et donnent une coloration rouge. Enfin, par action de l'acide sulfurique concentré, ils déflagrent plus énergiquement que les chlorates. La décomposition du chlorite de baryum fournit de l'oxygène : $(ClO^2)^2Ba = BaCl^2 + 2O^2$. L'existence des composés $ClO^2Ag.NH^3$, $ClO^2Ag.2NH^3$, etc., identiques aux nitrites d'argent ammoniacaux, montre l'analogie des nitrites et des chlorites.

Nous avons indiqué dans la Revue de Chimie minérale de 1908 que l'action des hypochlorites sur l'ammoniac conduisait à la chloramine NH^2Cl. Raschig a basé là-dessus un procédé de préparation de l'hydrazine, et a obtenu ce corps avec un très bon rendement :

$$NH^2.Cl + NH^3 = NH^2.NH^2.HCl.$$

De même, Cross, en faisant réagir de la chloramine sur l'aldéhyde formique, a obtenu la méthylène-chloramine :

$$HCOH + NH^2Cl = H^2O + CH^2 : NCl.$$

Pour effectuer cette réaction, on additionne un hypochlorite alcalin de chlorure d'ammonium et d'aldéhyde formique, à la température ordinaire. Le composé obtenu cristallise du chloroforme en grandes aiguilles brillantes, décomposables spontanément et violemment à l'air à la température de 50°.

Lorsqu'on traite, en solution alcoolique et en présence d'un hydrate ou d'un carbonate alcalin, l'hydrate d'hydrazine, ou le chlorhydrate, ou un

sel d'hydrazine quelconque par le dérivé nitrosé d'une amine secondaire, telle que la diphénylamine, il se fait le sel alcalin de l'acide azothydrique :

$$(C^6H^5)^2N.NO + N^2H^4 + NaOH = -(C^6H^5)^2NH + 2H^2O + N^3Na.$$

Cette réaction se fait lentement à froid et plus rapidement à chaud.

En étudiant les procédés de préparation et les conditions de stabilité des azotites, on a pu préciser les réactions multiples qui accompagnent la pyrogénation des azotites, azotates et de leurs mélanges, et indiquer les températures où ces réactions deviennent sensibles. Les réactions suivantes se produisent, lorsque l'oxyde azotique ou le peroxyde d'azote sont en contact avec les nitrites chauffés :

$$NO^2Na + NO^2 = NO^3Na + NO$$
$$NO^2Na + N^2O^3 = NO^3Na + 2NO.$$

Cela montre qu'il y a une perte d'azote dans ces doubles réactions, fait important au point de vue industriel. Lorsque le peroxyde d'azote sec passe sur de la chaux, il y a également, quelles que soient les conditions de température, une perte d'azote à l'état libre et non à l'état d'oxyde azotique réoxydable.

On connaît un certain nombre de procédés de fabrication d'acide azotique, qui fonctionnent déjà d'une manière industrielle. La décomposition du nitrate de soude par l'acide sulfurique, l'oxydation directe de l'ammoniac selon le procédé d'Ostwald, l'oxydation directe de l'azote de l'air par le procédé Birkeland et Eyde, forment les trois procédés qui produisent actuellement l'acide azotique.

Un nouveau procédé synthétique de fabrication d'acide azotique a été imaginé par Hausser. Le principe a quelque analogie avec celui de Birkeland et Eyde.

Il consiste, en effet, à réaliser l'union de l'azote et de l'oxygène par une haute température produite non plus par l'arc électrique, mais par la combustion d'un mélange d'oxygène et d'un gaz combustible tel que le gaz d'éclairage, les gaz des fours à coke ou des hauts fourneaux, le gaz à l'eau ou les gaz de gazogène, le gaz d'huile ou le gaz naturel.

Le Syndicat des brevets Hausser, formé en France, avait délégué MM. Henriot, Fieschi et Payet avec M. Flusin, pour examiner le procédé qui fonctionnait avant la guerre dans une usine installée à Hamm dans les établissements de Wendel et Cie.

C'est leur rapport très documenté qui nous a permis de nous rendre compte des avantages que peut avoir l'application industrielle de ce procédé. Le principe consiste à introduire un mélange d'air suroxygéné et d'un gaz combustible quelconque, sous pression, dans une bombe d'explosion. Une partie de l'azote est oxydée et transformée en bioxyde d'azote. Aussitôt après l'explosion, le mélange est rapidement expulsé et refroidi énergiquement, de telle sorte que le bioxyde d'azote formé puisse échapper à toute décomposition. Ce bioxyde d'azote est ensuite traité comme dans le procédé de la Société norvégienne de l'Azote et transformé en acide azotique ou nitrate de chaux. On voit immédiatement que ce procédé n'est pas sous la dépendance de forces hydrauliques importantes et bon marché, comme le procédé Birkeland et Eyde, qui exige des chutes énormes pouvant donner des puissances électriques devant atteindre jusqu'à 3.000 kilowatts. Aussi, doit-il acquérir une importance très grande dans l'industrie du charbon, du lignite, de la tourbe, du gaz naturel et des huiles minérales. En outre, tandis que le procédé Birkeland et Eyde ne fournit que 50 à 60 grammes d'acide azotique monohydraté par kilowatt-heure, soit 550 à 600 kg. par kilowatt-an, le procédé Hausser, avec un gaz d'éclairage à 4.300 calories, additionné d'un tiers d'oxygène, permet d'obtenir 195 gr. d'acide azotique par mètre cube de gaz. Or, comme un mètre cube de ce gaz peut, à l'aide d'un moteur à explosion, produire 1 kilowatt-heure, on voit que le rendement thermique du nouveau procédé est environ quatre fois plus considérable que celui du procédé Birkeland et Eyde.

Mais l'intérêt de cette nouvelle manière d'oxyder l'azote réside dans ce fait que, si les gaz à puissance calorifique élevée peuvent produire le phénomène, ceux de pouvoir calorifique faible conduisent également à un bon résultat. Ainsi, un mètre cube de gaz à l'eau à 2.500 calories fournit 110 gr. d'acide azotique; un gaz de hauts fourneaux à 900 calories en produit 40 grammes. Un mètre cube de gaz d'éclairage à 5.100 calories donne 225 grammes d'acide. Il sera donc possible d'utiliser pour la fabrication de l'acide azotique, soit le gaz provenant des fours à coke, soit les gaz des hauts fourneaux, soit enfin les gaz de distillation des lignites et des tourbes. Or ces derniers ne peuvent guère trouver d'emplois à cause de leur teneur généralement élevée en soufre; ils conviennent parfaitement au procédé Hausser. Le gaz de fours à coke abonde dans les centres miniers, et sa production ne fait qu'augmenter. Une partie est utilisée comme gaz d'éclairage ou de chauffage

des chaudières; avec l'autre partie, on pourrait fabriquer plus de 50.000 tonnes d'acide azotique par an. Or, si l'on remarque qu'en France la consommation de coke s'est accrue depuis 1910 dans des proportions considérables, conséquence de l'installation de nouveaux hauts fourneaux, on peut prévoir que l'installation du procédé Hausser sur les nouvelles cokeries pourra donner des bénéfices inespérés.

Les hauts fourneaux produisent environ 4.500 mètres cubes de gaz par tonne de fonte produite. Sur cette quantité, 55 % sont utilisés pour les Cowper et pour les soufflantes. Il reste donc environ 2.000 mètres cubes de gaz inutilisés, soit en 1910, pour une production en France de 4 millions de tonnes de fonte, 8 milliards de mètres cubes. En admettant que 3/4 de ces gaz sont utilisés pour produire de la force motrice, il en resterait encore 2 milliards qui, appliqués au procédé Hausser, produiraient 80.000 tonnes d'acide azotique par an.

Mais, comme nous l'avons vu, la production de la fonte en France a considérablement augmenté de 1910 à 1914, ce qui permet d'espérer une fabrication beaucoup plus importante en acide azotique.

Le même rapport que nous citions plus haut donne des indications très précises sur les débouchés de l'azote et sur le marché actuel.

On sait que toutes les plantes ont besoin d'azote pour vivre, mais elles en exigent plus ou moins suivant leurs espèces. Or ce sont les engrais azotés, tels que les nitrates de soude et de chaux, qui sont solubles, qui conviennent le mieux. Le blé exigerait 66 kg d'azote pour 31 hectolitres à l'hectare, le seigle 57 kg pour 27 hl, l'orge 51 kg pour 36 hl, etc. L'emploi par hectare de 15 kg d'azote sous forme de nitrate donnerait des excédents de récolte de 3 à 4 quintaux pour le blé, le seigle, l'avoine, l'orge, 34 quintaux pour les pommes de terre, etc. Comme l'on sait, d'autre part, que l'azote des autres engrais, en particulier l'azote ammoniacal, a besoin d'être changé, au contact de l'air, par les ferments nitreux et nitrique, en nitrates, seuls assimilables, on voit tout l'intérêt qu'il y a à fournir au sol des engrais directement absorbables par les plantes. Si le nitrate du Chili a été jusqu'à présent le principal engrais azoté utilisé, le nitrate de chaux lui a fait une concurrence très grande depuis l'installation des usines norvégiennes. Celui-ci a, en effet, sur le nitrate de soude l'avantage d'être immédiatement absorbable, tandis que le nitrate de soude se transforme préalablement dans la terre en nitrate de chaux.

L'industrie emploie également une assez grande quantité de nitrates, principalement sous forme d'acide nitrique. Sont en effet tributaires de cet acide : la fabrication des explosifs, la fabrication de l'acide sulfurique des chambres de plomb, la soie artificielle de Chardonnet, la fabrication des dérivés nitrés aromatiques en vue de leur transformation en aniline, toluidines, etc., matières premières de la fabrication d'un très grand nombre de colorants, etc. On peut dire que les débouchés de l'azote sont presque illimités.

L'agriculture et l'industrie consommaient annuellement, avant la guerre, environ 650.000 tonnes d'azote combiné, valant environ 900 millions de francs. Or, l'accroissement de cette consommation est d'environ 10 %, d'une année à l'autre.

On comprend dès lors combien tous les nouveaux procédés qui permettront d'obtenir l'azote nitrique ou l'azote ammoniacal seront intéressants et mériteront une étude approfondie au point de vue de leur mise au point industrielle.

II. — Métaux

La préparation de certains métaux réfractaires à l'état pur est assez difficile, et l'on sait que la réduction par le charbon des oxydes de la plupart d'entre eux conduit le plus souvent à la fonte de ces métaux. Une méthode nouvelle permet de les obtenir très purs par la réduction des chlorures anhydres à l'aide du sodium. On part généralement des oxydes de ces métaux, rarement des alliages. On les transforme en chlorures anhydres par une des récentes méthodes de chloruration que nous avons déjà décrites dans les Revues précédentes; on essaie d'obtenir ces chlorures sous forme de masses compactes, que l'on traite ensuite par le sodium métallique. Ce corps, qui est livré aujourd'hui par l'industrie à très bas prix, permettra sans nul doute de rendre la méthode industrielle.

En attaquant la thorine par le chlore et le chlorure de soufre à 670°, on obtient facilement le chlorure de thorium, $ThCl^4$. La masse blanche cristalline obtenue est purifiée par sublimation dans le vide. En ajoutant 25 % de métal alcalin et chauffant, on obtient du thorium titrant 99 % de métal. La seule impureté consiste en 1 % de thorine, ThO^2. Le thorium ainsi préparé est en lamelles ou en fragments menus que l'on peut agglomérer ensuite par un chauffage à température élevée, à l'aide d'un courant électrique.

Le chlorure d'uranium UCl^4, obtenu dans les mêmes conditions que celui de thorium, à partir de l'urane, est facilement sublimable dans

un courant de chlore, entre 650-750°. Il est en beaux cristaux verts. Sa réduction par le sodium fournit l'uranium à 99,5 % de métal et 0,5 % d'oxyde. Il est de couleur plus foncée que le thorium, et brunit à l'air; il est inattaquable, à la température ordinaire, par l'eau, les alcalis, l'acide acétique. Mais l'acide chlorydrique dilué l'attaque; il se dégage de l'hydrogène et il se forme le tétrachlorure UCl^4. L'acide concentré conduit au trichlorure UCl^3, violet. L'acide azotique fournit le nitrate d'uranyle.

L'oxyde de zirconium, attaqué par un mélange de Cl et de CCl^4 vers 800°, fournit le chlorure $Zr\,Cl^4$, qui peut être utilisé directement pour la préparation du métal. Le zirconium est en grandes lamelles pouvant s'agglomérer en masses compactes comme l'uranium et le thorium. Il est très ductile et sensible à l'action des oxydants. Il donne un hydrure $Zr\,H^2$, et non $Zr\,H^4$, comme on l'avait admis. A 1000°, il donne avec l'azote l'azoture $Zr^3\,N^2$.

Enfin, le chlorure de titane, $TiCl^4$, préparé par action du chlore sur le ferro-titane à 62 % de titane et à une température de 400-500°, a permis d'obtenir le métal sous une forme un peu moins ductile que les métaux précédents.

On sait que la réduction des sulfates alcalino-terreux a lieu au rouge, par l'hydrogène, le charbon et les flammes réductrices. Marino et Danesi ont trouvé que la réduction du sulfate de baryum s'effectue plus aisément avec les gaz que par le charbon. Cette réduction à l'aide d'hydrogène, de méthane, de gaz à l'eau, de gaz d'éclairage, a lieu environ à la même température où ces gaz s'enflamment avec l'oxygène, et de plus la température de réduction peut être abaissée par l'adjonction de substances catalytiques. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec le gaz à l'eau, qui effectue la réduction à 525-540°, et pratiquement 600°. Les auteurs ont fait la réduction des sulfates alcalino-terreux avec chacun des gaz cités plus haut, et ils ont constaté que la température de la réaction variait avec chacun d'eux. Mais c'est toujours le sulfate de baryum qui est réduit à la plus basse température, le sulfate de calcium à la plus élevée.

Rolla a étudié l'action de la vapeur d'eau sur le cyanure de baryum à des températures variées comprises entre 100° et 500°. Les résultats sont complètement différents suivant la température et conduisent à des formations assez inattendues. Ainsi, à 200°, le cyanure de baryum est décomposé en baryte, ammoniac et oxyde de carbone qui réagit sur la baryte formée pour donner du formiate de baryum :

$$(CN)^2\,Ba + 3\,H^2O = Ba(OH)^2 + 2NH^3 + 2\,CO\,;$$
$$Ba\,(OH)^2 + 2\,CO = (HCO^2)^2\,Ba.$$

A 250°, ce formiate commence à être partiellement décomposé en donnant du carbonate de baryum :

$$(H\,CO^2)^2\,Ba = CO^3\,Ba + H^2 + CO.$$

A 300° — 400°, il se formerait du méthane, par suite de l'action de la baryte sur le formiate :

$$2\,(HCO^2)^2\,Ba + BaO = 3\,CO^3\,Ba + CH^4,$$

et, à une température plus élevée, de l'hydrogène et de l'éthylène prendraient naissance :

$$4\,(HCO^2)^2\,Ba + 2\,BaO = 6CO^3\,Ba + C^2H^4 + H^2.$$

L'azoture d'aluminium, qui a été obtenu par plusieurs procédés, se prépare très aisément lorsqu'on fait passer de l'azote sur de la poudre d'aluminium chauffée à 800°. Par suite de la production d'une réaction interne, la température s'élève jusqu'à 1300°. On enlève les impuretés de l'azoture par un traitement avec le gaz chlorhydrique chaud. On connaît mal les propriétés de cet azoture. Fichter et Spengel les ont récemment étudiées en indiquant la préparation précédente. L'azoture d'aluminium est décomposé par fusion avec la potasse et donne de l'ammoniac :

$$NAl + 3\,KOH = Al\,(OK)^3 + NH^3$$

L'action à chaud de l'eau acidulée par l'acide sulfurique produit également de l'ammoniac.

Le chlore le décompose lentement à 760°, et libère l'azote :

$$2\,NAl + 3Cl^2 = 2\,Al\,Cl^3 + N^2$$

Le chlorure de soufre en vapeurs agit plus rapidement. L'hydrogène n'a aucune action sur lui. Le bichromate de plomb le décompose complètement. La réaction avec le peroxyde de sodium est incomplète, et il se forme du nitrate. Le soufre, le phosphore, le sulfure de carbone déplacent partiellement l'azote, mais le trichlorure de phosphore est sans action. A 230°, l'alcool réagirait sur l'azoture d'aluminium pour donner de la triéthylamine.

La préparation des phosphures de manganèse est très délicate. Ces composés prennent naissance dans un grand nombre de circonstances. Le seul phosphure bien défini, $Mn^3\,P^2$, a été obtenu en faisant réagir sur du chlorure de manganèse des vapeurs de phosphore en présence d'hydrogène. Hilpert et Dieckmann ont

isolé le phosphure $Mn P^2$, en chauffant un mélange de 2 grammes de Mn et 2 gr. 4 de P rouge, dans un tube d'Iéna, d'abord à 400°, puis à 600° pendant très longtemps. Il ne s'altère pas lorsqu'on le chauffe à 290° dans un courant d'hydrogène. A 400°, au contraire, il perd graduellement du phosphore et donne finalement un nouveau phosphure de composition Mn P. Ces deux nouveaux phosphures de manganèse sont des poudres grises ; ils sont doucement attaqués par l'acide nitrique. Signalons également une préparation de carbures de manganèse qui consiste à traiter du manganèse finement divisé par du méthane, ou un mélange de méthane et d'hydrogène, à 700-900°. Les carbures obtenus à l'aide du méthane contiennent 20 °/₀ de carbone, et ceux qui sont formés à l'aide de volumes égaux de méthane et d'hydrogène en renferment 15 °/₀.

Chauvenet, qui a poursuivi ses études sur les chlorures de zirconium, a montré que ce métal fournit deux séries de combinaisons oxychlorées. Les unes sont les hydrates du chlorure de zirconyle $ZrO Cl^2$, lequel ne parait pas devoir exister anhydre ; les autres sont les hydrates de l'oxychlorure complexe, $ZrO Cl^2. ZrO^2$, qui a pu être isolé. En chauffant à 150° le chlorure de zirconyle à 2 molécules d'eau, dans un courant de gaz chlorhydrique, on a la réaction :

$$2ZrOCl^2. 2H^2O = 2HCl + ZrOCl^2. ZrO^2. 3H^2O.$$

A une température plus élevée, 250° environ, cet hydrate perd ses trois molécules d'eau en donnant naissance à l'oxychlorure $ZrO Cl^2. ZrO^2$ qui est stable jusqu'au rouge ; mais, à partir de 600°, il se scinde en chlorure de zirconium volatil et zircone :

$$2ZrOCl^2ZrO^2 = ZrCl^4 + 3ZrO^2.$$

Les hydrates correspondant à cet oxychlorure complexe sont à une et à 3 molécules d'eau ; ceux du chlorure $ZrOCl^2$ sont à 2, 6 et 8 molécules d'eau.

Otto Ruff a obtenu les fluorures d'osmium, atteignant jusqu'à l'utilisation des 8 valences de l'osmium, $Os F^4$, $Os F^6$, et $Os F^8$, par action du fluor sur l'osmium chauffé au rouge.

La composition du produit formé dépend de la température et de la vitesse du courant de fluor, ainsi que de l'activité de l'osmium employé. Il est nécessaire d'employer un tube de platine pour effectuer la fluoration, parce que les fluorures d'osmium sont très sensibles à l'action du verre. A 250°, le produit obtenu est un mélange d'octofluorure et d'hexafluorure avec un osmium actif. A plus basse température ou par l'utilisation d'un osmium moins actif, on s'arrête au composé $Os F^4$. Aucun de ces fluorures n'avait jamais été isolé jusqu'à présent.

A côté des sels basiques ordinaires, on a décrit un grand nombre de sels basiques mixtes, formés par addition à un sel neutre A. M d'une base M'O à métal différent.

On connaît, par exemple, les sels basiques mixtes argento-cuivriques, tels que $(NO^3)^2 Ag^2. 3 CuO. 3 H^2O$, les sulfate, chlorate, hyposulfate, obtenus en opposant l'hydrate cuivrique bleu aux solutions des sels d'argent, nitrate, sulfate, etc. Egalement, les nitrates basiques mixtes de mercure et de différents métaux ont été préparés ; ils ont pour formule $(NO^3)^2 Hg. MO. nH^2O$, M étant un métal bivalent. Les chlorures basiques mixtes de cuivre et de divers métaux, $MCl^2. 3CuO. nH^2O$, les bromures mixtes, les sulfates et les nitrates mixtes du cuivre et d'autres métaux, répondent aux formules : $MBr^2. 3CuO. nH^2O$; $2SO^4M. 3CuO. 12 H^2O$; $(NO^3)^2M. 4CuO. nH^2O$, etc.

Fenzi a retrouvé le nitrate basique mixte de cuivre et de mercure, $(NO^3)^2 Hg. CuO. 2 H^2O$, en dissolvant à chaud l'oxyde jaune de mercure dans une solution saturée de nitrate de cuivre ; ce sont des aiguilles bleu pâle. Une solution de sulfate d'argent opposée à l'oxyde de mercure forme le sulfate basique, $SO^4 Ag^2. HgO$, en petites tablettes jaunâtres, et le nitrate basique. $NO^3 Ag. 2HgO$, avec le nitrate d'argent. C'est un sel jaune rouge en cristaux aciculaires. L'acétate d'argent donne également un acétate basique mixte. Tous ces sels sont décomposables par l'eau, à la manière des sels basiques mixtes décrits antérieurement.

Alph. Mailhe,
Professeur-adjoint à la Faculté
des Sciences de Toulouse.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

Thomson (James), *D. Sc., LL. D., F. R. S., Professor of Engineering in Queen's College, Belfast, and afterward in the University of Glasgow.* — **Collected Papers in Physics and Engineering**, *selected and arranged with unpublished material and brief annotations by Sir* Joseph Larmor, *D. Sc., LL. D., Sec. R. S., MP., Lucasian Professor of Mathematics in the University of Cambridge, and* James Thomson, *M. A.* — *1 vol. in-8° de 484 pages avec portrait.* (Prix : 15 sh.) *Cambridge, at the University Press*, 1912.

C'est avec un soin pieux que les Anglais, après la mort de leurs hommes de science, rassemblent dans une publication spéciale, si cela n'a pas été déjà fait du vivant de l'auteur, toutes les notes, tous les mémoires disséminés dans des recueils variés, et placent ainsi sous les yeux du public et des savants intéressés l'ensemble des travaux qui n'ont pas fait l'objet d'ouvrages proprement dits. En France, malheureusement, le très petit nombre des publications de ce genre, et le luxe avec lequel elles sont éditées, contribuent à resserrer beaucoup le cercle dans lequel se propagent les œuvres scientifiques de valeur.

James Thomson porte un nom illustré surtout par son frère, Lord Kelvin, mais son activité scientifique, l'originalité de certaines de ses recherches justifient amplement l'hommage qui vient de lui être rendu.

De la notice biographique placée en tête du volume et due aux soins de son fils James Thomson, attaché aux Elswick Engineering Works de Newcastle-on-Tyne, et de Sir Joseph Larmor, nous extrayons d'intéressants détails sur la vie et la carrière de J. Thomson, dont le nom est relativement peu connu en France.

J. Thomson descend d'une famille de fermiers écossais émigrés dans l'Ulster. Né en 1822, il est le fils d'un professeur de Mathématiques qui fut le premier de la famille à quitter les travaux agricoles pour se livrer à des occupations scientifiques et qui a écrit, sur l'Arithmétique et la Trigonométrie, un certain nombre d'ouvrages recommandables, mais parfaitement inconnus dans notre pays. L'aîné de ses fils, James Thomson, d'abord employé comme apprenti-ingénieur, notamment dans les ateliers Fairbairn et Co, dut abandonner, en raison de son état de santé, la profession active, pour occuper successivement à Belfort, puis à Glasgow, où il succéda à Macquorn Rankine, la chaire de Génie Civil. Parmi ses élèves, se trouvait compris le Professeur John Perry, dont on vient de publier, en français, l'ouvrage intéressant et suggestif sur la Mécanique appliquée.

Comme professeur, J. Thomson était extrêmement consciencieux, minutieux même, mais avant tout homme de devoir. Comme savant, il ne peut certainement être mis au même rang que son frère, mais ses œuvres ont cependant une valeur réelle, et il fut un initiateur. Très minutieux, nous venons de le dire, il consentait à peine, fait observer le Dr Bottomley, auteur d'une notice nécrologique, à établir une différence entre une grosse et une petite erreur; l'une et l'autre lui paraissaient également condamnables, en ce que, sans doute, elles impliquent un même défaut de l'esprit. D'une nature un peu lente dans l'action — et à ce point de vue, il n'était pas désigné pour devenir un ingénieur, — J. Thomson excellait à approfondir les sujets, et à en dégager l'essence; sans se noyer et surtout noyer ses lecteurs dans les détails mathématiques, il cherchait, avant tout, à exprimer dans le langage le plus clair, le moins ambigu, l'idée exacte qu'il avait dans l'esprit.

Pour le dire, en passant, il avait abandonné, par l'effet de ses propres réflexions, les croyances formelles qu'il tenait de son origine écossaise, mais il resta cependant attaché à la théorie des causes finales, et à la conception d'un Créateur de toutes choses, omni-présent et toujours agissant. En politique, il était naturellement un Ulster man et appartenait au parti Unioniste; il était, en philosophie, un idéaliste.

Dans la famille Thomson, William, le génie, tenait naturellement la première place; James ne venait qu'en second, mais il n'y eut jamais de sentiment d'aigreur ou de jalousie de sa part et les deux frères restèrent toujours intimement unis, aussi bien par le lien scientifique que par le lien familial. Ils étaient, cependant, de tournures d'esprit très différentes. William, ardent, moins patient, ne polissait jamais son œuvre spontanément, mais était toujours prêt à modérer son impétuosité naturelle sur le conseil de son frère dont il sollicitait la critique, toujours éclairée et visant à obtenir la perfection.

Devenu presque aveugle vers la fin de sa vie, J. Thomson dut abandonner sa chaire de Glasgow, reprise par son assistant, Archibald Barr. Il est mort en 1892, et sa femme et sa plus jeune fille dans la même semaine l'ont suivi au tombeau.

J. Thomson a beaucoup pensé, mais peu écrit. Son œuvre se résume dans un volume de notes et de mémoires clairement rédigés. C'est une œuvre de pionnier, et la plupart des sujets qu'il a traités ont été, depuis, développés ou transformés. Cependant, comme le fait observer Larmor, cette œuvre n'a pas vieilli. Elle ne se rattache pas au passé, mais au présent et à l'avenir. Par son exposition claire, généralement dégagée de tout calcul, elle reste un modèle à suivre, et le fond philosophique qui l'inspire la rend toujours vivante. Le lecteur français, plutôt nourri d'une science classique, élégante, mais formelle, trouvera, à la lecture du livre, matière à réflexion et à retour sur les idées qu'il a pu se faire.

Les mémoires de Thomson, par leur sujet souvent, mais aussi par la manière dont ce sujet est traité, sont caractérisés par une alliance de l'esprit positif et utilitaire de l'ingénieur, de l'esprit de réalisation, avec l'esprit d'abstraction et de généralisation, l'esprit scientifique. De fait, un grand nombre des mémoires se rapportent à des sujets d'un intérêt spécial pour les ingénieurs. Rappelons qu'on doit à Thomson l'invention de la turbine qui porte son nom, et dont le type centripète est encore utilisé en Europe et surtout en Amérique. Il avait aussi conçu, à la même époque (1852), un type de pompe d'épuisement d'un modèle analogue aux injecteurs; mais la partie la plus saillante de son œuvre en mécanique est théorique: c'est l'application du principe de similitude de Newton à l'écoulement sur les déversoirs à contraction latérale et par les orifices. Il est le premier, peut-être, à avoir songé à effectuer des jaugeages à l'aide de déversoirs à section triangulaire (qui présentent, à certains points de vues, des avantages sur les déversoirs à seuil horizontal, mais qui ne sont toutefois utilisables que dans des cas spéciaux). Il s'est aussi occupé de la mécanique des fluides compressibles, dans ses applications aux phénomènes naturels, et notamment aux grands courants de la circulation atmosphérique. Deux mois avant sa mort, son frère, Lord Kelvin, lisait devant la Société Royale (Bakerian lecture) un mémoire récapitulatif de ses spéculations sur ce sujet spécial, mémoire dont il a été rendu compte dans la *Revue générale des Sciences* (vol. III, p. 222, 1892).

Quoique ingénieur, le sujet le plus important qu'ait traité J. Thomson concerne la Physique pure. Sa découverte capitale, celle par laquelle son nom est surtout connu en France, est l'abaissement du point de fusion de la glace sous l'influence de la pression (1849), sujet qui a reçu de grands développements par les travaux

de Gibbs et de M. H. Le Chatelier (Cf. Les équilibres chimiques. *Revue générale des Sciences*, 1891, n° 4 et 5). Cette découverte était la suite des études entreprises par son auteur concernant la regélation et la plasticité de la glace, et d'une manière générale, *l'influence* qu'exerce la déformation des corps sur leur état physique. Dans le même ordre d'idées, il faut encore citer les mémoires relatifs à la transition de l'état liquide à l'état gazeux, et à la continuité de ces états réalisée par une série d'états instables, notion suggérée par les expériences d'Andrews, son collègue à l'Université de Glasgow.

Les travaux de J. Thomson sur l'élasticité et la résistance des matériaux, d'une moins grande portée que les précédents, sont cependant intéressants par des aperçus nouveaux. William Thomson considérait comme très remarquable une étude de son frère relative à l'influence de la déformation sur la résistance des matériaux et des ressorts spiraux. Là encore, J. Thomson a été conduit, à l'exemple de Rankine, à utiliser le principe de la similitude mécanique, dans les cas où ce principe est applicable. Il n'en est pas toujours ainsi, et il ne faudrait pas, croyons-nous, étendre par trop les applications du principe; celui-ci suppose une simplicité de relations mathématiques entre les forces et les effets qui n'est pas toujours réalisée dans les phenomènes naturels et qui n'est pas toujours compatible avec le fait de dissipation d'énergie qu'entraine nécessairement toute déformation d'un corps.

Une étude sur les règles et conditions générales à observer dans la fixation des coefficients de sécurité qu'il convient d'adopter dans les constructions soumises à des efforts variables intéressera les ingénieurs : la question des coefficients de sécurité est essentielle en matière de constructions.

La partie géologique est peu développée; elle n'a trait qu'à des phénomènes glaciaires particuliers et à la structure prismatique de certaines roches éruptives (1862-1877). La théorie de Thomson est basée sur la contraction due au refroidissement. On sait que cette théorie, qui n'est pas propre à Thomson, a été très discutée récemment, à l'occasion des expériences de M. Bénard dont il a été rendu compte dans la *Revue* (15 et 30 décembre 1900) et au sein de la Société géologique. Le n° 1 (1913) du *Bulletin* de cette Société contient une bibliographie assez complète des principales publications sur la question, bibliographie due à M. Michel Longchambon, mais précisément le mémoire de J. Thomson n'y figure pas.

Le volume dont il est ici rendu compte comprend, outre une notice très attachante et très complète sur la vie et les travaux de J. Thomson, toutes les publications éparses dans les recueils de diverses sociétés (Assoc. Britannique, Sociétés royales de Londres et d'Edimbourg, diverses sociétés d'ingénieurs, etc.) et dans les recueils spéciaux (*Philosophical Magazine, Cambridge and Dublin mathematical Journal*, etc.), ainsi que dans l'*Encyclopédie Britannique*. Il comprend aussi quelques communications ou fragments restés inédits, sur les pompes à injection, les coefficients de débit des déversoirs, les glaciers, les phénomènes de congélation, et surtout sur la continuité de l'état liquide et de l'état gazeux, suivis de la correspondance échangée sur divers sujets avec Froude, Faraday, H. C. Sorby, William Thomson et J. C. Mc Cornell.

Les notes et les mémoires sont classés par ordre de matière : Mouvement des fluides — Congélation et liquéfaction — Continuité des états de la matière — Dynamique et élasticité — Géologie — Divers — Appendice. La première partie (mouvement des fluides) intéressera particulièrement les ingénieurs; l'hydraulique est un sujet inépuisable. Les autres parties sont du domaine de la Physique expérimentale, dégagée d'hypothèses, sur la constitution de la matière, ce en quoi J. Thomson se différencie de son frère.

G. Mourret,
Professeur à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées.

Blondel (A.), *Professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, Membre de l'Institut.* — **Calcul des lignes aériennes au point de vue mécanique par des abaques.** — *1 vol. in-4° de 63 p. avec 33 fig. (Prix : 5 fr.) Edition de la* Lumière électrique, *6, rue du Rocher, Paris, 1915.*

Les méthodes graphiques exposées par M. Blondel permettent de déterminer très facilement et rationnellement, pour les conditions les plus variées de portée, de vent et de température, les tensions de pose à donner aux conducteurs, la hauteur et le moment résistant à donner aux supports.

L'auteur part de considérations théoriques fort simples et qu'il a déjà en partie fait connaître dans des publications antérieures. Il en déduit qu'on peut, au moyen d'un seul abaque en coordonnées cartésiennes, traiter tous les problèmes relatifs à l'influence de la température et des surcharges (vent, verglas, etc.), puis il apporte de nouveaux perfectionnements encore inédits; il montre notamment comment on peut, en prenant comme abscisses les carrés des portées, simplifier la construction des courbes de sécurité des lignes, et en se servant de tables toutes dressées, déterminer *a priori*, d'après les conditions imposées par les règlements, les lignes de sécurité; pour toute température de pose, il suffit de faire subir une translation au tracé de sécurité.

Des tableaux et des épures donnent tous les renseignements nécessaires pour les fils et câbles en bronze et en aluminium.

Dans une seconde partie, l'auteur montre comment on peut, au moyen des mêmes abaques, déterminer pour toutes directions et valeurs du vent et pour les températures les plus basses, la direction et la grandeur des efforts maxima qu'auront à supporter les points d'attache des conducteurs ; il arrive à une règle empirique fort simple permettant de calculer les deux conditions extrêmes les plus favorables, ce qui permet de donner pour la première fois une base rationnelle au calcul des supports.

L'ouvrage est complété par une nouvelle série d'abaques spécialement adaptés à cette méthode de calcul. Des annexes donnent, en outre, des renseignements sur les conditions réglementaires, les propriétés des métaux employés, etc.

Cette publication paraît particulièrement opportune au moment où l'on a à prévoir la prochaine réfection de nombreux réseaux électriques aériens détruits au cours des hostilités. Les entrepreneurs, aussi bien que les services de contrôle, trouveront intérêt à effectuer le plus rapidement possible les calculs réglementaires au moyen de ces nouvelles méthodes simplifiées.

2° Sciences naturelles

Russell (E. J.), *Director of the Rothamsted Experimental Station.* — **Manuring for higher crop production.** — *1 vol. in-8° de 67 pages avec 16 fig. (Prix cart. : 3 sh. 6 p.) The University Press, Cambridge*, 1916.

L'auteur n'apporte pas de méthode nouvelle pour élever le rendement des cultures. Il expose la question générale des facteurs qui interviennent pour produire des récoltes abondantes. Il admet qu'en agriculture le jugement du praticien doit s'adapter aux conditions locales. Le cultivateur doit trouver lui-même les moyens d'amélioration du rendement de son effort, en se basant sur une connaissance suffisante des questions qui commandent la fertilité des sols.

Voici les titres des cinq chapitres : Amélioration du sol, le fumier, les engrais artificiels, la fumure de la terre arable, la fumure des prairies.

Une partie des chiffres et des graphiques proviennent des expériences poursuivies à la célèbre station de Rothamsted, et dans quelques autres stations britanniques. A ce titre, il y a là une documentation intéressante à connaître.

Edmond Gain,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 17 Avril 1916

M. le Président annonce le décès de M. **J. Gosselet**, Membre non résident. — M. **Yersin** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie.

1° Sciences mathématiques. — M. **H. Arctowski** : *De l'influence de la Terre sur la fréquence et la latitude héliographique moyenne des taches solaires.* Dans le cas des observations de Greenwich, comme dans le cas de celles de Zurich, la variation annuelle des taches solaires est très accentuée ; elle est caractérisée par deux maxima et deux minima. Pour expliquer ce fait en supposant que la variation est due à l'action de la Terre, il faut admettre que c'est l'inclinaison de l'écliptique sur l'axe de rotation du Soleil qui est le vrai facteur. S'il en est bien ainsi, il faut que, dans l'hémisphère boréal du Soleil, la marche annuelle de la fréquence ou de l'étendue des taches soit l'inverse de celle de l'hémisphère austral et que, de plus, les deux variations ne se compensent pas exactement. Les chiffres pour l'hémisphère austral présentent de fortes irrégularités, qui ne permettent pas de justifier d'une façon certaine cette conclusion. Par contre, le diagramme des latitudes moyennes des taches montre d'une façon indiscutable l'existence d'une action terrestre, qui se produit avec un certain retard.

2° Sciences physiques. — M. **M. de Broglie** : *Sur des radiations extrêmement pénétrantes appartenant à la série K du tungstène et sur les spectres de rayons X des métaux lourds.* En faisant usage d'ampoules de Coolidge, l'auteur a pu mettre en évidence, dans le spectre des anticathodes de tungstène fourni par la méthode du cristal tournant, un groupe de fréquence extrêmement élevée qui correspond à la radiation K du tungstène encore inconnue. Ce groupe comprend une raie α, de longueur d'onde $2{,}032 \times 10^{-9}$ cm., constituée par un doublet dont les composantes, à peu près égales, sont écartées d'environ 2', et une raie β de longueur d'onde $1{,}768 \times 10^{-9}$ cm. Ces raies sont les plus pénétrantes qui aient été jusqu'ici signalées comme émises par les ampoules à rayons X ; elles se placent dans la même région spectrale que les rayons γ pénétrants du radium B. — M. **C. Dauzère** : *Sur la formation d'un réseau cellulaire pendant la cristallisation.* L'auteur a observé sur le nitrate de soude et l'oxyde de phényle cristallisés par fusion un réseau cellulaire paraissant identique à celui que Cartaud a reconnu sur les surfaces de certains métaux solidifiés rapidement. Dans les deux cas, les cellules sont les logements de petits cristaux, indépendants les uns des autres, mais ayant en général des axes cristallographiques parallèles. Ces cellules ont été formées au moment du changement d'état par le travail des ondes de cristallisation, c'est-à-dire, en définitive, par un mouvement du liquide au contact du cristal, comme le croyait Cartaud. — M. **G. Lemoine** : *Catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène. I. Considérations générales; expériences avec le mercure.* Les expériences montrent la formation d'oxyde de mercure comme produit temporaire corrélatif de la catalyse de H^2O^2 en présence de mercure ; on a déjà très souvent admis pour d'autres actions catalytiques l'existence d'un intermédiaire semblable ; on le saisit très nettement ici. Les expériences montrent aussi que la quantité de gaz dégagé au bout d'un temps donné n'augmente pas indéfiniment avec l'épaisseur de H^2O^2 placée sur le mercure, d'où il résulte que le brassage produit par le dégagement de gaz n'assure pas complètement le renouvellement de la couche liquide active en contact avec le mercure. — MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry** : *Synthèse biochimique d'un galactoside de la saligénine, le salicylgalactoside β.* En faisant réagir l'émulsine, qui contient une galactosidase β, sur un mélange de galactose et de saligénine en solution acétonique-aqueuse, les auteurs ont obtenu un salicylgalactoside β, $[\alpha]_D = -11°,3$.

3° Sciences naturelles. — M. **Ernest Fleury** : *Sur les anciennes glaciations de la Serra da Estreila (Portugal).* Le sommet de la Serra da Estrella (1.991 m.) est entouré d'une première auréole allongée du NE au SW, caractérisée par un modelé glaciaire typique avec vallées suspendues, cirques, surfaces rocheuses polies ou moutonnées, rarement striées, lacs et quelques moraines. Une seconde auréole, moins élevée et moins régulière, entoure la première et fait transition avec la plaine ; le modelé glaciaire disparaît rapidement sous les dépôts morainiques, fluvio-glaciaires, torrentiels ou sous les éboulis. C'est la *zone d'accumulation*, par opposition à la précédente, qui est une *zone d'ablation*. Ces observations permettent de reconnaître pour le Portugal au moins deux grandes glaciations séparées par une période interglaciaire, qui précédèrent l'établissement du réseau hydrographique actuel de la Serra. — M. **C. Sauvageau** : *Sur les gamétophytes de deux Laminaires* (L. flexicaulis et L. saccharina). L'auteur a reconnu, comme chez le *Saccorhiza*, l'existence d'une sexualité hétérogamique avec alternance des générations chez ces deux espèces. — M. **R. Anthony** : *Sur un cerveau de fœtus de chimpanzé.* La forme subsphérique qui caractérise ce cerveau disparaît au cours du passage à l'état adulte ; le cerveau de la mère est d'une forme beaucoup plus allongée et plus surbaissée que celui du fœtus. Les plissements fondamentaux du neopallium existent à peu près tous à ce stade de développement à l'état d'ébauches plus ou moins avancées. — M. **E. Bataillon** : *Le rôle des sels de sodium et de potassium dans la polyspermie chez les Batraciens.* La non-consolidation de la membrane de l'œuf n'est pas la raison de la polyspermie, comme on eût pu le croire. La réponse de l'œuf aux activants (même quand la transformation de la membrane est inhibée) suffit à exclure les spermatozoïdes. C'est sur cette réaction que les facteurs polyspermiques provoquent un retard. La concentration des sels a un rôle incontestable, et l'optimum paraît en général voisin de 0,25 % (Na Cl) ; les sels de Na donnent des résultats meilleurs que les sels de K. Une certaine teneur en spermatozoïdes est évidemment nécessaire à la polyspermie ; mais cette teneur est réalisée dans la plupart des fécondations artificielles, et pourtant la polyspermie physiologique (dans l'eau) est exceptionnelle. Lorsqu'elle devient prépondérante ou même uniforme sous l'influence d'un sel, elle résulte d'une rigidité expérimentale, d'un temps perdu de la réaction ; elle est comparable à celle qu'on obtient par la chaleur et les chocs induits. — M. **J. Bergonié** : *Protection illusoire contre les rayons X chez les médecins déjà frappés. Anaphylaxie physique ou indirecte.* Un médecin qui, à la suite d'accidents graves de radiodermite, avait dû cesser toute recherche et tout contact avec les rayons X, s'y est de nouveau exposé récemment. On a constaté que la dose ayant provoqué une réaction sensible chez ce sujet est à la dose normale comme 1 est à 1.600. Il y a donc eu sensibilisation dermique par une atteinte antérieure, autrement dit anaphylaxie au sens de M. Ch. Richet. M. **Ch. Richet** estime qu'on se trouve en présence d'un cas indiscutable d'*anaphylaxie indirecte ;* mais, quoique l'anaphylaxie ait été la conséquence d'une action physique, c'est cependant une anaphylaxie qui est chimique quant à sa cause. Les rayons X ont déterminé dans les tissus une altération qui s'est traduite par une modification chimique des tissus et des humeurs. Les régions

envahies par l'altération trophique sont imprégnées par un poison anaphylactogène, et alors elles sont devenues tellement sensibles qu'une minime force radiante est rendue efficace.

Séance du 25 Avril 1916

M. le Président annonce le décès de M. **E. Jungfleisch**, membre de la Section de Chimie.

1° Sciences physiques. — M. **G. Bigourdan** : *Distribution mensuelle de la nébulosité moyenne en France.* L'auteur a tracé les courbes mensuelles moyennes d'égale nébulosité pour la France d'après les observations de 35 stations françaises et de quelques stations étrangères voisines des frontières. L'examen de ces cartes permet de faire quelques remarques : 1° Certaines stations voisines les unes des autres présentent des différences systématiques peu explicables par les différences locales ; cela peut tenir à la manière dont les observations ont été faites. 2° D'autres fois, le voisinage de la mer donne l'explication de ces différences ; tel est le cas pour Avignon et Marseille, la nébulosité étant toujours plus forte dans cette dernière station. 3° L'influence topographique est extrêmement nette entre Clermont-Ferrand et le Puy-de-Dôme ; ici l'on peut admettre que les observations sont faites exactement de la même manière. 4° La forme assez tourmentée des courbes montre que le nombre des stations est insuffisant. 5° Les stations principales sont, semble-t-il, trop peu nombreuses ; en outre, leur choix laisse à désirer. 6° Certaines influences bien connues se manifestent sur les cartes, par exemple la clarté du ciel en hiver dans certaines régions élevées de la Suisse, explicable par le fait que dans cette saison les nuages sont plus bas qu'en été. L'influence des Pyrénées, qui arrêtent les vents de N W chargés d'humidité, produit des condensations accusées par un maximum relatif de nébulsoité dans l'extrême S W de la France et sur le littoral nord de l'Espagne. 7° Dans la région provençale, la différence de nébulosité entre l'été et l'hiver est peu prononcée ; elle y est d'ailleurs toujours notablement plus faible que dans les autres régions de la France. — M. **E. Mathias** : *Sur trois observations d'éclairs en boule faites au sommet du Puy-de-Dôme.* Le 15 avril, de 18 h. 20 à 18 h. 50, on a observé au sommet du Puy-de-Dôme trois éclairs en boule successifs, qui se sont présentés sous la forme de boules de feu stationnaires d'un contour un peu flou, d'un blanc légèrement mauve, qui s'ovalisèrent dans le sens horizontal, puis éclatèrent avec le bruit d'un fort coup de fouet en lançant des langues de feu dans toutes les directions.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Deprat** : *Sur la structure de la zone interne des nappes préyunnanaises et sur l'existence de charriages antéouraliens dans le nord du Tonkin.* La zone interne, autochtone, des nappes préyunnanaises offre, vers l'Ouest, une région écrasée sous la partie frontale de celles-ci, formant des nappes, mais non exotiques, tandis que la partie des nappes préyunnanaises qui la surmonte mérite, elle, le nom d'exotique ; au contraire, vers l'Est, à mesure que l'on se dirige vers le bassin du Si-Kiang, la structure devient celle d'une région normalement plissée. D'autre part, dans l'extrême-nord tonkinois, les calcaires gothlandiens de la série de Ma-pi-leun sont mis en contact direct avec les calcaires rubanés du Cambrien moyen, les uns et les autres étant très tourmentés, laminés et brisés ; et, sur l'ensemble de ces terrains, s'étend l'Ouralien riche en fossiles, montrant nettement sa transgression superposée au phénomène tectonique. — M. **Emile Belot** : *Contribution à l'étude des causes du volcanisme.* L'auteur attribue à l'eau de mer un rôle important dans les phénomènes du volcanisme. Cette eau, pénétrant par des fractures, suit la *verticale* pour arriver près d'un foyer de chaleur ; mais de là la vapeur formée s'éloigne par des *surfaces isothermes*. Il se produit donc un transport convectif de chaleur vers le sous-sol continental, qui déclanche les phénomènes préparant le volcanisme par une accumulation de gaz et de vapeurs salines qui peuvent s'échapper au dehors avec ou sans explosion. — MM. **F. Jadin** et **A. Astruc** : *Le manganèse dans quelques sources rattachées au Massif Central et dans quelques stations de la plaine du Languedoc.* Les auteurs ont dosé le manganèse dans les eaux de la source de Condillac et de quelques stations de la Montagne Noire, puis de quelques sources de la plaine du Languedoc. Les résultats obtenus montrent que les premières sont bien à leur place parmi les sources du Massif central, tandis que les eaux de la plaine du Languedoc ne sont pas homogènes et doivent être comparées tantôt à celles du Massif Central, tantôt aux sources des Pyrénées ou des Alpes. — M. **E. Kayser** : *Contribution à l'étude des ferments du rhum.* L'auteur a fait fermenter des mélasses de betteraves, par entraînement progressif, avec des levures sélectionnées de mélasses de cannes. Dans les deux cas, l'emploi de la levure IV diminue notablement le coefficient non alcool. Le fabricant de rhum, en opérant dans des conditions de propreté très grande, ou en stérilisant les moûts, est donc maître, par l'emploi judicieux des levures sélectionnées, de changer le taux des alcools supérieurs ainsi que des éthers, et d'obtenir des produits à coefficient non alcool sensiblement constant. — M. **H. W. Brölemann** : *Un processus évolutif des Myriapodes Diplopodes.* L'auteur a reconnu que la néoténie — qui, en fixant une forme avant qu'elle n'ait parcouru le cycle entier de son développement, a pour effet de conserver à certains organes la structure larvaire qu'ils avaient au moment où le phénomène est intervenu — apparaît comme le plus important des processus ayant présidé à l'évolution des Diplopodes, puisque c'est à elle qu'on doit attribuer l'apparition des plus grands groupes. Ce rôle prépondérant n'a encore été signalé dans aucune classe, bien que le phénomène paraisse fréquent chez les Batraciens. — M. **Marage** : *Les surdi-mutités vraies et simulées consécutives à des blessures de guerre.* D'après l'auteur, on ne doit jamais, pour dépister la simulation problématique de la surdimutité, soumettre le blessé à des expériences douloureuses, surtout lorsqu'on a d'autres procédés à sa disposition. On ne doit jamais soumettre les blessés à des traitements très pénibles, qui peuvent ne donner aucun résultat, sans les avoir avertis d'avance de l'échec possible et avoir obtenu leur consentement. — M. **H. Busquet** : *Immunisation rapide par de petites doses de nucléinate de soude ou d'huile de chaulmoogra contre l'action hypotensive de fortes doses de ces substances.* Chez le chien, une première injection intra-veineuse, efficace ou non-efficace, de nucléinate de soude ou d'huile de chaulmoogra développe une immunisation rapide contre l'action hypotensive de doses plus fortes de ces substances. Le nucléinate de soude et les éthers de la glycérine constituant l'huile de chaulmoogra sont les corps les moins complexes et les mieux définis chimiquement qui aient été signalés jusqu'à présent comme produisant des effets de tachyphylaxie. — M. **F. Garrigou** : *Traitement rationnel, hygiénique et économique des déchets et résidus humains.* L'auteur préconise un nouveau procédé de traitement des vidanges. Les matières liquides, après fermentation et transformation de l'urée et des purines en carbonate d'ammonium, sont traitées dans un bac à fermeture hydraulique par le sulfate de chaux en poudre fine qui produit du carbonate de chaux précipité et du sulfate d'ammonium qu'on peut faire cristalliser. Les matières solides, séparées des liquides par décantation et passage au filtre-presse, sont chauffées à l'autoclave pendant 15 minutes à 140°-150° ; il se dégage de la vapeur et des sels ammoniacaux, et il reste une poudrette sèche et stérilisée, très riche en matières fertilisantes. Des essais faits sur des appareils d'une contenance de 1 m³ montrent que la méthode est réalisable en grand.

Séance du 1er Mai 1916

1° Sciences physiques. — M. **A. Righi** : *Expériences relatives à l'influence du champ magnétique sur la charge*

d'un conducteur dans l'air raréfié. Un tube contenant de l'air à 0,1 mm. de pression renferme deux électrodes cylindriques et coaxiales de 5 cm. de longueur, l'une A de 5 mm., l'autre B de 20 mm. de diamètre. A communique avec un électroscope à feuille d'or C, pendant que B est à terre. 1° Avec une bonne pile sèche de Zamboni, ou de toute autre manière, on charge positivement le conducteur A à un potentiel un peu plus petit que le potentiel de décharge. La feuille d'or peut rester longtemps déviée; mais elle tombe aussitôt si l'on approche du tube le pôle d'un petit électro-aimant. La décharge est partielle, mais souvent la feuille arrive presque à la direction verticale. 2° Laissant en place l'électro-aimant, on donne à A une charge négative. On reconnaît d'abord qu'on peut arriver à un potentiel notablement plus grand que le potentiel de décharge sans que la feuille d'or tombe. Si alors on vient à interrompre le courant magnétisant, ou à éloigner la bobine, la décharge partielle a lieu et la feuille d'or tombe. Ces deux expériences ne peuvent s'expliquer, d'après l'auteur, que par l'hypothèse de la *magnéto-ionisation.* — M. **Th. Peczalski** : *Détermination de la loi de rayonnement intégral d'un solide d'après le rendement lumineux* (voir p. 324). — M. **G. Lemoine** : *Catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène. II. Expériences avec le platine.* Les expériences de l'auteur montrent qu'en présence du platine la décomposition de H^2O^2 est régulière : sa vitesse augmente avec le poids de catalyseur et avec l'état de division de la mousse de platine. Quand on augmente le volume d'H^2O^2 mis en présence du catalyseur, toutes choses égales d'ailleurs, il y a augmentation de volume du gaz dégagé, mais pas indéfiniment, ce qui prouve que la catalyse ne se fait pas sentir à une hauteur indéfinie au-dessus de la surface du métal. La comparaison du noir de platine et de la mousse de platine, supposés à un même état de division, montre que le noir de platine a une action catalytique spéciale, beaucoup plus énergique, due à une cause distincte. — M. **E. Moles** : *Sur la densité absolue du gaz acide bromhydrique.* L'acide bromhydrique a été préparé en grandes quantités soit par action de l'eau sur PBr^3, soit par action de Br sur H^2S, puis séché, condensé, et purifié par plusieurs distillations successives. Le gaz pur a servi à remplir trois ballons de capacités différentes, à la température de la glace fondante et sous une pression très voisine de 760 mm. Les résultats obtenus donnent comme poids du litre normal de HBr la valeur 3,6444 gr. — M. **L. Reutter** : *Analyse de deux masses résineuses ayant servi aux Incas de l'Amérique du Sud pour embaumer leurs morts.* Ces résines sont caractérisées par la présence de baumes de tolu ou du Pérou, de sel et de parties végétales riches en essences et en matières tanniques. Ces baumes, comme ceux des Egyptiens et des Carthaginois, possèdent, de par leur teneur en acide cinnamique, des vertus antiseptiques et antiputrides; les essences et les oléorésines servent à éloigner les insectes et à les empêcher de déposer leur larves sur les cadavres devant être embaumés; le sel ou le natron agissent comme déshydratants, ainsi que le tannin, qui possède en outre la propriété de tanner la peau, d'en boucher les pores et d'empêcher la pénétration de l'air.

2° Sciences naturelles. — M. **Pereira de Souza** : *Contribution à l'étude pétrographique du sud-ouest de l'Angola.* Le sud-ouest de l'Angola est riche en roches éruptives et en roches métamorphiques. Parmi les premières, l'auteur signale des granites, puis des diabases et un grand affleurement de gabbros, traversés par endroits par des filons de granulite, de pegmatite et de syénite alcaline. — MM. **V. Raymond** et **J. Parisot** : *Etiologie, prophylaxie et thérapeutique de l'affection dite* gelure des pieds. Pour les auteurs, l'affection dite *gelure des pieds* (distincte des gelures vraies qui sont rares) n'est autre qu'un mycétome du pied, dû à un champignon qui a été isolé en cultures pures : le *Scopulariopsis Koningii.* Le germe infectant fait partie de la boue tellurique; amené par la boue au contact du pied, il pénètre au niveau des excoriations ou de la matrice des ongles. Il prolifère par suite du léger abaissement de température locale provenant de la stagnation de l'eau; sa température optimum de développement est, en effet, de 25° à 30°. La thérapeutique doit consister dans le nettoyage minutieux du pied et dans l'emploi de substances antimycosiques (savons et solutions boratées camphrées).

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 18 *Avril* 1916

M. le Président annonce le décès de M. **Th. Guilloz**, Correspondant national.

M. **R. Wurtz** : *Sur la suppression du chiffonnage à Paris.* L'auteur présente, au nom de la Section d'Hygiène publique, un Rapport motivé par une lettre à l'Académie de M. Ambroise Rendu, conseiller municipal. Après avoir montré tous les dangers qu'entraîne, au point de vue sanitaire, l'industrie des chiffonniers telle qu'elle est actuellement pratiquée à Paris, le rapporteur propose à l'Académie d'adopter le vœu « que, par mesure de salubrité publique, le chiffonnage soit supprimé à Paris et sa banlieue aussi bien dans les cours que sur la voie publique. Les manipulations du triage des ordures ménagères devront être faites uniquement à l'intérieur des usines de broyage et d'incinération de la ville. Les boîtes à ordures (poubelles) et les tombereaux d'enlèvement devront être hermétiquement clos ». — M. **L. Landouzy** : *La syphilis avant la guerre; méconnaissance de son extrême fréquence.* A propos de la communication récente de M. Vaillard sur le développement des maladies syphilitiques depuis la guerre, l'auteur fait remarquer que, depuis nombre d'années, la syphilis tient une place énorme et croissante dans notre morbidité et notre mortalité. A la Clinique médicale générale de Laennec, il trouve constamment de 16 à 19 % des femmes et de 22 à 28 % des hommes atteints de syphilis, et depuis le commencement des hostilités il a dépisté chez de nombreux réservistes et territoriaux une syphilis ancienne et ignorée. — M. **E. Jeanselme** : *Du traitement rationnel de la syphilis.* L'auteur préconise un traitement basé sur l'examen sérologique du sang (réaction de Wassermann) et, s'il y a lieu, l'étude du liquide céphalo-rachidien. Il utilise uniquement la médication arsenicale (arséno ou novarsénobenzol), qui, au triple point de vue de la prophylaxie sociale, du traitement de la syphilis jeune et du sauvetage des enfants menacés par l'hérédo-syphilis, est incontestablement supérieure à la médication classique.

Séance du 25 *Avril* 1916

M. le Président annonce le décès de M. **E. Jungfleisch**, membre de l'Académie.

M. **A. Netter** : *Sur les accidents consécutifs aux réinjections de sérum et les injections préventives de sérum antidiphtérique.* Sur une demande du Ministre de l'Intérieur, M. A. Netter a été chargé d'un Rapport sur ces deux questions, qu'il termine par les conclusions suivantes : 1° Les accidents graves consécutifs à la première injection (maladie sérique) ou aux réinjections (accidents anaphylactiques) de sérum sont très rares, surtout dans les cas où l'injection est faite dans le tissu cellulaire sous-cutané. La crainte de ces accidents ne devra jamais empêcher de recourir à la sérothérapie. 2° L'Académie de Médecine conserve, au sujet de l'opportunité des injections préventives de sérum antidiphtérique, l'opinion qu'elle avait émise en mai 1902. Ces injections devront être pratiquées chez les enfants des familles, orphelinats ou des salles d'hôpital dans lesquels se seront produits des cas de diphtérie. Elles devront être recommandées également dans les écoles enfantines quand la diphtérie y présentera un caractère épidémique. Concurremment à ces injections, l'Académie estime que l'on ne devra pas renoncer à la désinfection, à l'isolement des malades, à la recherche, à l'isolement et au traitement des porteurs de germes, toutes les fois que ces mesures seront réalisables.

— M. **E. Maurel** : *Du mode d'action de certains antiseptiques et des procédés destinés à apprécier leur valeur thérapeutique.* D'après l'auteur, le pouvoir pathogène des microbes dépendrait de deux séries de produits, dont les uns sont cédés à leur milieu et dont les autres restent inclus dans leur substance. Ces derniers ont une action au moins fortement élective sur le leucocyte ; ils sont *leucocyticides.* Certains agents physiques ou chimiques peuvent assez diminuer l'action de ce produit leucocyticide pour que le leucocyte résiste désormais au microbe, auquel il succombait auparavant. Pour qu'un agent antiseptique puisse être utile à l'organisme envahi par un microbe, il n'est pas nécessaire que cet agent tue le microbe ou même qu'il l'empêche de se reproduire ; il suffit qu'il diminue assez le pouvoir leucocyticide de ce microbe pour que le leucocyte de l'organisme puisse en triompher.

Séance du 2 Mai 1916

Après discussion, l'Académie adopte les conclusions du Rapport de M. Wurtz sur la suppression du chiffonnage à Paris (voir ci-dessus), avec adjonction de la phrase suivante : « L'enlèvement devra être fait de façon à ce qu'aucune ordure ni poussière ne puisse être disséminée dans la rue et dans l'atmosphère. » — Après discussion, l'Académie adopte intégralement les conclusions du Rapport de M. Netter sur les accidents anaphylactiques et l'utilité des injections préventives de sérum antidiphtérique (voir ci-dessus).

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 15 Avril 1916

MM. **J. Mc Intosh** et **Paul Fildes** : *Nouvelle méthode d'isolement et de culture pour les microbes anaérobies.* La méthode consiste à renfermer des tubes de culture dans une boîte où l'on suspend une pièce d'asbeste ou de platine couverte de palladium. On fait passer de l'hydrogène par un robinet adapté au couvercle. Le noir de palladium fait combiner l'hydrogène avec l'oxygène ; grâce à cette réaction, toute trace d'oxygène disparaît et l'on obtient une atmosphère absolument exempte de ce gaz. — M. **Ed. Retterer** : *Les constituants de l'hématie des Mammifères adultes.* L'hématie des Mammifères n'est pas une cellule, ni simplifiée comme les uns le veulent, ni compliquée comme le prétendent les autres. L'hématie des Mammifères adultes provient du noyau seul, car tous ses constituants reconnaissent une origine nucléaire. — M. **G. Linossier** : *Sur la biologie de l'Oidium lactis.* L'auteur a étudié les conditions de la nutrition de ce champignon. Comme corps azoté, l'urée est l'aliment de choix ; les acides amidés lui sont légèrement inférieurs ; le sulfate d'ammonium est bien inférieur. Les hexoses sont d'excellents aliments pour l'*Oidium lactis* ; par contre, il n'attaque pas sensiblement les polyoses. Il ne produit pas de quantités sensibles d'acides aux dépens des sucres. Parmi les alcools, seuls l'alcool éthylique et la glycérine ont une valeur alimentaire de même ordre que le glucose ; la mannite est un aliment très médiocre ; sur les autres alcools, il ne se produit aucune culture. L'*Oidium lactis* dédouble facilement les matières grasses. — MM. **M. Garnier** et **L. Magnenand** : *Les dérivés de la bilirubine dans l'urine des ictériques.* Au début ou dans les périodes de recrudescence, le pigment biliaire dans l'urine est souvent sous une forme difficilement oxydable, que l'alcool chlorhydrique est incapable d'amener à l'état de biliverdine ; à la fin, au contraire, le pigment rencontré dans l'urine est de plus en plus facilement oxydable, et, à mesure que le malade s'approche de la guérison, l'alcool chlorhydrique le transforme en bilicyanine, en bilipurpurine et peut-être en d'autres dérivés encore peu connus. Cette transformation de la bilirubine paraît se faire dans le rein ; le pigment que le sang renferme est toujours extrait sous la forme de biliverdine. — MM. **A. Rochaix** et **H. Marotte** : Bacillus fæcalis alcaligenes, *agent pathogène.* Au cours d'un grand nombre d'états à allure typhoïdique, observés de novembre 1914 à septembre 1915, les auteurs ont isolé du sang de deux malades le *Bac. fæcalis alcaligenes* ; celui-ci peut donc passer dans le sang et devenir pathogène pour l'homme. — M. **Et. Rabaud** : *Les races physiologiques de* Mus musculus L. *et l'uniformité des hybrides de première génération.* L'auteur, au cours de recherches sur l'hérédité, a utilisé des souris grises capturées à l'état sauvage, les unes dans les serres du Muséum (lignée M), les autres dans le département du Loiret, au lieu dit La Commanderie (lignée C). Accouplées avec des souris fauves quelconques ou albinos, les souris sauvages de la lignée M ont donné une première génération d'hybrides entièrement gris et uniformes, comparables au parent sauvage. Les souris sauvages de la lignée C ont donné des produits de croisement différents suivant que ces croisements ont eu lieu avec des albinos sans antécédents fauves ou avec des fauves ou avec des albinos issus de fauves. Dans le premier cas, les produits de première génération sont exclusivement gris ; dans les deux autres, ces produits sont de deux sortes, les uns gris, les autres jaune foncé. Les résultats obtenus sont constants. Comme la lignée C n'appartient pas à une variété spéciale, force est d'admettre qu'on se trouve en présence d'une race physiologique, tout aussi pure que la race commune, dont les particularités de constitution se révèlent dans certains croisements. Chez les hybrides de première génération, le phénomène mendélien de dominance ne se produit que d'une manière incomplète. — M. **J. Nageotte** : *Substance collagène et névroglie dans la cicatrisation des nerfs.* L'auteur a étudié, au cours de la cicatrisation des nerfs, les rapports de la substance collagène avec les travées névrogliques qui contiennent les jeunes axones ou qui subsistent après la dégénération des fibres nerveuses. Ces rapports débutent dès l'apparition des premiers produits de la régénération ; ils évoluent à mesure que les travées névrogliques primitives se transforment en faisceaux adultes. La part que prend la substance collagène dans cette transformation est importante, et il est certain que le processus de la maturation des nerfs régénérés reproduit exactement celui de l'évolution embryonnaire. — M. **Paul Chevallier** : *L'hématophagie* in vita *et* post mortem. *L'activité dans l'organisme après la mort.* L'auteur a constaté que l'hématophagie augmente quand la circulation du sang devient plus difficile et continue quand elle est tout à fait arrêtée. La mort de l'être favorise l'hématophagie lorsque des macrophages actifs se trouvent en présence d'hématies malades. D'autre part, si, immédiatement après avoir tué (par section du cou) un animal, on lui injecte, en certaines régions, comme la vésicule biliaire après ligature et section du canal cholédoque, une solution ferrugineuse, le fer émigre et tend à se localiser dans la rate et la paroi de l'intestin, là où il se localise chez le vivant. — M. **M. de Kervily** : *Les modifications des cils du syncytium des villosités placentaires chez la femme.* La bordure ciliée du syncytium est contingente, comme on l'observe dans d'autres cellules de l'organisme. Elle peut, à certains moments physiologiques, disparaître en temps que bordure ciliée et se transformer en prolongements protoplasmiques ou en masses protoplasmiques faisant suite directement au reste du syncytium et ayant la même structure que ce dernier. — MM. **E. Doyen** et **Toda** : *Stérilisation de l'eau potable.* On peut stériliser l'eau potable et y détruire à la fois les bacilles non sporulés et les spores de la manière suivante : 1° ajouter par litre d'eau 40 mgr. d'HCl ; 2° ajouter une quantité de chlorure de chaux représentant 2 cgr. de Cl par litre d'eau ; 3° faire disparaître le goût désagréable de ce liquide en réduisant l'excès de chlorure de chaux par H^2O^2. L'eau ainsi traitée contient une petite quantité de chlorure de calcium, à peu près inappréciable à la dégustation.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 7 Avril 1916

M. Th. Peczalski : *Rendement lumineux et loi du rayonnement intégral des métaux à haute température.* Le rendement lumineux d'une lampe à incandescence, défini par

$$R_1 = \int_0^{\lambda_1} \varepsilon' \, d\lambda : \int_0^{\infty} \varepsilon' \, d\lambda$$

(ε' est le pouvoir émissif du métal incandescent et λ_1 la limite de visibilité de l'œil du côté des rayons infrarouges), est mesuré au moyen d'un calorimètre conducteur construit comme il suit : Un ballon en verre épais est muni d'une ouverture fermée par un bouchon en verre. Le bouchon est percé de trois trous. Par deux de ces trous passent deux fils isolés auxquels est soudée une lampe électrique placée à l'intérieur du ballon. Le troisième trou est surmonté d'un tube gradué. Le ballon est rempli d'une solution de $CuCl^2$ dans l'eau (2 %) qui sort du ballon et monte à quelques centimètres dans le tube. Le ballon est plongé dans un vaste bain d'eau maintenu à une température sensiblement constante. On allume alors la lampe : tous les rayons infra-rouges sont absorbés par la solution, qui se dilate sous l'influence de l'élévation de température. On mesure l'ascension du liquide dans le tube. On retire alors la lampe et on la plonge dans un vernis noir qui, en séchant, forme une couche opaque sur les parois de la lampe, puis on répète l'expérience dans les conditions identiques aux précédentes. Si w est l'énergie consommée par seconde par la lampe non noircie et produisant une certaine ascension de la colonne liquide et w' l'énergie consommée par la lampe noircie et provoquant la même ascension, $w - w'$ représente l'énergie des rayons qui passent par seconde à travers la solution; $w - w'$ n'est pas égal à l'énergie de tous les rayons visibles de la lampe, car la solution employée est, d'après Coblenz[1], non seulement tout à fait absorbante pour les rayons infra-rouges à partir de $\lambda = 0\mu,67$, mais aussi elle absorbe en partie des rayons visibles. Connaissant les coefficients d'absorption de la solution et la distribution de l'énergie dans le spectre visible du tantale, on calcule par la méthode de Langley[2] l'énergie des rayons visibles émis par la lampe et, d'après cette donnée, le rendement R_1 cherché. On trouve ainsi, en prenant comme limite du spectre visible du côté des rayons infra-rouges $\lambda = 0\mu,65$, $R_1 = 0,032$. En mettant la loi du rayonnement intégral du métal incandescent sous la forme

$$(1) \qquad E' = \int_0^{\infty} \varepsilon' \, d\lambda = \sigma' T^n,$$

M. Peczalski établit une relation entre l'exposant n, le rendement lumineux du métal R_1 et le rendement lumineux du corps noir à la même température R :

$$(2) \qquad n - 4 = (m - 4) \frac{R_1 - R}{1 - R}.$$

m est un coefficient approximativement indépendant de la température :

$$(3) \qquad m = \frac{T \int_0^{\lambda_1} \frac{\partial \varepsilon}{\partial T} d\lambda}{\int_0^{\lambda_1} \varepsilon \, d\lambda}$$

ε est le pouvoir émissif du corps noir. M. Peczalski montre que

$$(4) \qquad \int_0^{\lambda_1} \varepsilon \, d\lambda = \omega T^m,$$

où ω et m sont des fonctions de λ_1 seul. Un corps tel que son rendement lumineux est égal à R obéit à la loi de Stefan; c'est le cas du graphite. Pour le tantale, on trouve $n = 4,2$. La formule (2) permet de calculer le rendement lumineux du corps étudié à toutes les températures et pour toutes les limites de visibilité λ_1 avec autant de précision que par une expérience directe, à condition que la loi du rayonnement intégral puisse être représentée par (1). M. Peczalski démontre que l'équivalent mécanique de la lumière V (et aussi le lumen)

$$V = \frac{\int_0^{\lambda_1} \varepsilon \, d\lambda}{I}$$

(I intensité lumineuse de la lampe) n'est pas une constante, mais varie avec la température du filament. Pour le tantale, V est proportionnel à $T^{4,5}$ en prenant comme limite de visibilité $\lambda_1 = 0\mu,76$. — MM. **Le Maréchal** et **Morin** : *Trusquin localiseur-repéreur.* Le nouvel appareil dérive du trusquin des mécaniciens; il sert essentiellement à repérer le projectile par des marques cutanées, en utilisant les résultats d'une méthode quelconque de localisation, puis à guider le chirurgien pour l'intervention. Mais il sert en outre normalement pour la localisation même. C'est un trusquin auquel on a adapté un arc mobile, centré sur la tige horizontale ordinaire et portant deux curseurs à tiges radiales. Il porte en outre une seconde tige horizontale à double déplacement : béquille.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 14 Avril 1916

M. G. André a étudié les relations qui existent entre la présence du magnésium dans les feuilles et la fonction d'assimilation. On sait depuis longtemps, à la suite des recherches de A. Gautier et de Hoppe-Seyler, que les cendres de la chlorophylle renferment du phosphate de magnésium. Willstætter et ses élèves ont montré, dans ces dernières années, que le magnésium était le seul élément fixe entrant dans la constitution de la molécule du pigment vert, et Mameli a fait voir récemment que la quantité de chlorophylle qui se forme dans les organes assimilateurs est en rapport avec le poids du magnésium administré à la plante. Lorsqu'on épuise par l'éther d'abord, par l'alcool ensuite, les feuilles des espèces végétales suivantes : marronnier d'Inde, lilas, châtaignier, à diverses périodes de leur développement, et que l'on dose le magnésium et le phosphore, d'une part dans le résultat de cet épuisement et, d'autre part, dans la portion qui demeure insoluble, on trouve que le poids absolu du magnésium organique augmente depuis le mois d'avril jusqu'au mois de mai chez les feuilles de marronnier et de lilas; le maximum est atteint le 4 mai dans le premier cas, le 3 mai dans le second. Au delà de ces dates, le poids du magnésium décroît à peu près régulièrement. Chez les feuilles de châtaignier, le poids maximum du magnésium organique se rencontre dès le 26 avril (au moins dans l'année considérée ici, 1914). Le rapport entre les poids du magnésium organique et ceux du magnésium résiduel atteint son maximum le 26 mai chez les feuilles du marronnier, le 3 mai chez celles du lilas et le 14 juin chez celles du châtaignier. La comparaison des rapports $\frac{\text{phosphore organique}}{\text{phosphore résiduel}}$ et $\frac{\text{magnésium organique}}{\text{magnésium résiduel}}$ montre, chez les feuilles du marronnier, une concordance satisfaisante entre les maxima de ces deux rapports; cette concordance est moins marquée chez les feuilles des deux autres espèces étudiées.

1. Coblenz : *Bull. Bureau of Standards*, t. VII, 1912, p. 619.
2. Langley : *Phil. Mag.*, t. XXX, 1890, p. 260.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 11 15 JUIN 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **LOUIS OLIVIER**

DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Emile Jungfleisch (1839-1916). — M. le Professeur Jungfleisch s'est éteint le 23 avril dernier après une longue maladie qui, depuis quelque temps déjà, lui interdisait tout travail et toute action. La Science perd en lui un de ses adeptes les plus consciencieux et les plus érudits.

Formé à l'école de Berthelot, on retrouve en Jungfleisch plusieurs des qualités du maître : il a le respect absolu du fait; les théories sont toujours des choses secondaires, la science est essentiellement l'étude des faits, et leur analyse doit être poussée aussi loin que le peuvent nos méthodes de travail dirigées par une intelligence aiguisée et perspicace ; il n'est pas de ceux qui acceptent une théorie nouvelle pour chaque réaction inexpliquée ; il abandonne cette façon de raisonner aux esprits superficiels et impatients, chez lesquels l'imagination tient plus de place que l'expérimentation; mais il attend qu'un chimiste plus habile ait, par une investigation poussée plus loin, fait rentrer le phénomène, en apparence exceptionnel, dans le cadre des lois établies.

Voici, par exemple, un fait connu depuis bien longtemps : l'action des oxydes de manganèse sur le chlorate de potassium, dont la présence régularise et active la décomposition; c'est, dit-on, une action catalytique, une action de contact, expressions qui, pour bon nombre de chimistes, surtout à l'époque du travail de Jungfleisch en 1871, sont synonymes de mystères et devant lesquelles l'intelligence doit s'incliner sans chercher à les pénétrer. En langage clair, cela veut dire que l'explication reste à trouver. Jungfleisch la cherche dans l'observation du phénomène et en donne la solution. Il démontre, en effet, que le chlorate transforme les oxydes de manganèse en acide permanganique instable, qui se décompose rapidement en fournissant de l'oxygène et de l'oxyde de manganèse capable de régénérer l'acide permanganique. Ce composé transitoire, Jungfleisch le saisit au passage et en montre l'existence d'une façon indiscutable.

Depuis la découverte du phosphore, le phénomène si curieux de sa phosphorescence a été constaté et étudié ; pendant plus de deux siècles, les opinions les plus diverses ont été émises pour fournir l'explication de ce dégagement lumineux. Toutefois, à la suite des belles recherches de Schröter, Müller et Joubert, on admet généralement que la phosphorescence est une conséquence de la combustion de l'élément, l'oxydation portant exclusivement sur la vapeur de phosphore. Par des expériences fort délicates, Jungfleisch analyse le phénomène ; il en dégage peu à peu les facteurs et établit d'une façon définitive que la phosphorescence est concomitante non de l'oxydation de la vapeur de phosphore, mais d'un premier produit d'oxydation plus volatil, formé sans phosphorescence et constitué par de l'anhydride phosphoreux mêlé de petites quantités d'un sous-oxyde P^4O. En même temps, il montre le rôle fondamental, méconnu jusqu'ici, de cet anhydride phosphoreux dans l'inflammation spontanée du phosphore, et dans ce que les physiciens appelaient l'air ionisé par le phosphore, sans pousser plus loin l'analyse du phénomène. Espérons qu'un mémoire posthume viendra compléter les données contenues dans les deux notes de Jungfleisch, comme ces notes elles-mêmes semblaient l'annoncer.

Jungfleisch a été un modèle de conscience scientifique ; il a fait de la science pour la science; tous ses travaux donnent l'impression d'une œuvre achevée et soignée, rien chez lui n'est effleuré ou superficiel. J'ai eu la bonne fortune, au cours de ma vie d'étudiant, de rencontrer son *Traité de Manipulations ;* aucun ouvrage didactique (je laisse de côté bien entendu les mémoires originaux) ne m'a autant appris dans l'ordre expérimental; j'ai mûri cet ouvrage pendant plus d'une année et je garde pour l'auteur, qui m'a rendu un si grand service, une vive reconnaissance. Tous les ouvrages français ou étrangers que j'ai parcourus depuis m'ont paru insignifiants à côté du traité de Jungfleisch ; c'est qu'en effet, pour rédiger fructueusement un tel ouvrage, il faut avoir réalisé soi-même les préparations et les expériences, et c'est seulement alors qu'il est possible de les exposer avec cette clarté, cette précision qui m'avaient tant séduit et m'avaient permis de les répéter sans le moindre aléa. De semblables guides ne peuvent être l'œuvre ni

de débutants, ni de spécialistes ensevelis dans un sous-chapitre de la science. Lorsque Jungfleisch rédigea les *Manipulations de Chimie*, il était âgé de 47 ans : il avait dirigé pendant plusieurs années les travaux pratiques de l'Ecole de Pharmacie et enseignait, depuis dix ans déjà, la Chimie organique à la même Ecole. Que de fois j'ai regretté que cet ouvrage, excellent et unique, n'ait pas été tenu au courant des progrès de la Chimie; la Chimie organique, en particulier, a souvent modifié et amélioré ses méthodes de préparation; il serait du plus haut intérêt pour nos étudiants qu'une édition nouvelle, complétée par un ancien élève du Maître, vînt heureusement continuer son œuvre.

C'est avec la même conscience que M. Jungfleisch a rédigé sa dernière publication, un ouvrage de 300 pages, modestement intitulé : *Notice sur la vie et les travaux de Marcellin Berthelot*. M. Jungfleisch s'est contenté d'en faire hommage à l'Académie sans accompagner cet hommage d'une notice qui pouvait plus ou moins indirectement faire valoir son travail et par suite ses mérites.

Cette notice est un modèle d'histoire documentaire. Au lieu de philosopher sur l'œuvre de son maître, de juger et d'envisager cette œuvre avec la mentalité d'un chimiste de notre époque, et de rédiger ainsi un ouvrage qui eût vite vieilli, car nos idées générales et nos jugements se modifient rapidement avec les progrès de la science, M. Jungfleisch a dépouillé, classé, analysé cette œuvre si vaste et si variée, d'une façon tout à fait impersonnelle, sans rien négliger et sans oublier la moindre publication. Cette notice restera désormais liée à l'œuvre de Berthelot ; elle est appelée à simplifier grandement, pour les générations futures, l'étude de la vie et des travaux du grand chimiste.

Jungfleisch n'était pas seulement un savant consciencieux ; il était un expérimentateur des plus habiles. Il suffit de rappeler sa cristallisation du lévulose, désigné jusque-là sous le nom de *sucre incristallisable*, pour donner un exemple d'un travail exigeant du soin et de l'habileté. Il a formé, grâce à une éducation expérimentale sévère et prolongée, de nombreux élèves qui sont tous des chimistes exercés et délicats. J'ai pu me rendre compte, par suite du voisinage de nos laboratoires, avec quel soin travaillent les anciens élèves de M. Jungfleisch. Parmi les élèves qui furent en même temps les collaborateurs de Jungfleisch, citons les noms de Léger, Godchot, Grimbert, Leroux, Breteau, Brunel, Mignot, etc.

Comme son maître et comme tous les chimistes cultivés, Jungfleisch n'est pas resté cantonné dans un coin de la science; ses travaux s'étendent à tous les domaines de la Chimie : Chimie minérale, Chimie organique, Chimie générale et Chimie physique.

En commun avec Berthelot, il a établi la loi qui préside au partage d'un corps entre deux dissolvants et introduit la notion de coefficient de partage. Nous savons aujourd'hui que cette loi expérimentale, des plus importantes par ses applications, est une conséquence immédiate de la loi d'action de masse.

En Chimie minérale, il faut surtout citer ses beaux travaux sur l'extraction du gallium et de l'indium faits en collaboration avec Lecoq de Boisbaudran. L'extraction d'un élément, même bien connu, présente toujours des difficultés lorsqu'il est aussi peu abondant que le gallium ; mais, dans le cas actuel, les difficultés se trouvaient singulièrement augmentées, car il s'agissait d'établir une méthode d'isolement pour un corps dont les propriétés étaient inconnues pour la plupart. Lecoq de Boisbaudran et Jungfleisch parvinrent cependant à retirer 62 gr. de gallium de 4.300 kg. de blende de Bensberg ; ce magnifique échantillon du précieux métal fut présenté le 18 février 1878 à l'Académie des Sciences.

Professeur de Chimie organique à l'Ecole de Pharmacie, c'est surtout dans le domaine de la Chimie organique que Jungfleisch a apporté ses contributions les plus importantes.

Dans son remarquable ouvrage : *La Chimie organique fondée sur la synthèse*, Berthelot avait à jamais détruit la barrière qui paraissait séparer la Chimie de nos laboratoires de la Chimie élaborée dans les organismes vivants et montré que les lois des réactions sont les mêmes, soit qu'elles s'accomplissent dans une cellule, soit qu'elles se réalisent dans une cornue. On n'avait cependant jamais préparé jusqu'ici un corps doué de pouvoir rotatoire à partir de matières minérales ; il semblait encore que la vie fût indispensable pour faire apparaître cette curieuse propriété. Jungfleisch, utilisant des travaux antérieurs et perfectionnant les méthodes de transformation les uns dans les autres des divers acides tartriques, parvint à produire en quantité notable, à partir de l'éthylène, tous les acides tartriques. C'était la réalisation de la première synthèse *totale* d'une substance dissymétrique à partir de ses éléments, puisque Berthelot avait donné le moyen de produire l'éthylène avec du charbon et de l'hydrogène.

Ces belles recherches de Jungfleisch complètent le travail génial de Pasteur sur les acides tartriques, base de toute la Stéréo-chimie ; elles tiennent à côté de ce dernier une place très honorable.

Depuis 1872, Jungfleisch n'a cessé de s'occuper de la dissymétrie moléculaire : après les acides tartriques, il entreprit l'étude des isomères optiques des acides camphoriques, maliques, lactiques, dilactyliques, lactyllactiques, etc., de la cinchonine et de ses nombreux dérivés. Jungfleisch et ses collaborateurs ont ainsi apporté les données les plus variées et les plus étendues dans ce domaine si intéressant de la Physico-Chimie.

Les premiers travaux de Jungfleich portèrent sur les dérivés chlorés et chloronitrés du benzène ; ils ont été commencés en 1865, c'est-à-dire à une époque où les notions sur l'isomérie étaient encore bien obscures. Parmi les nombreux dérivés obtenus par des méthodes différentes et présentant la même formule, il était nécessaire d'en fixer rigoureusement toutes les propriétés physiques et chimiques pour en établir soit le caractère individuel, soit l'identification avec un corps déjà préparé. C'est ainsi qu'il fut reconnu que les substitutions du premier et du dernier atome d'hydrogène, dans une matière organique, élèvent davantage les points d'ébullition que les substitutions des autres atomes, celles-ci donnant lieu à des élévations sensiblement égales entre elles.

Emile Jungfleisch naquit le 21 décembre 1839 à Paris, où sa famille, d'origine lorraine, habitait le faubourg Saint-Antoine depuis deux générations. Etudiant à l'Ecole de Pharmacie où Berthelot enseignait la Chimie organique, il fut admis dans le laboratoire de ce dernier et y prépara sa thèse sur les dérivés chlorés de la benzine, qu'il soutint en 1868 devant la Faculté des Sciences. Il avait été reçu interne en pharmacie en 1863. Agrégé de Chimie en 1869, il suppléait Berthelot une première fois l'année suivante, puis de 1874 à 1877, et occupait définitivement la chaire de Chimie organique à la nomination du titulaire comme Inspecteur général de l'Instruction publique. Il avait été dans l'intervalle conservateur des collections scientifiques de l'Ecole Polytechnique et répétiteur à cette Ecole.

Jungfleisch aimait l'enseignement; ses cours, toujours consciencieusement préparés, étaient fort suivis ; à la mort de Péligot, qu'il avait d'ailleurs déjà suppléé, il recueillit sa succession au Conservatoire des Arts et Métiers, et put mener de front pendant près de 20 ans ses deux enseignements à l'Ecole de Pharmacie et au Conservatoire.

Jungfleisch termina sa carrière scientifique dans la chaire de son maître, auquel il succéda au Collège de France en 1908. Membre de l'Académie de Médecine depuis 1880, de l'Académie des Sciences en 1909, où il occupa le fauteuil de Ditte, du Conseil d'Hygiène et de Salubrité depuis 1882, il fit partie de nombreuses commissions et fut conduit ainsi à rédiger des rapports variés où sa sûreté de méthode, son érudition et sa conscience trouvaient emploi.

Je n'ai jamais eu que des rapports courts et éloignés

avec le professeur qui vient de disparaître ; je n'ai pu le juger qu'à travers son œuvre : cette œuvre est celle d'un savant d'une grande conscience scientifique.

Camille MATIGNON,
Professeur au Collège de France.

Eric Gérard. — Tous ceux qui, de près ou de loin, s'occupent d'électricité ont appris avec un véritable regret la disparition du professeur Eric Gérard, mort à Paris le 28 mars 1916. Cette fin emprunte aux événements de l'heure actuelle un caractère profondément émouvant: Liégeois d'origine, ayant passé toute sa vie dans sa ville natale, et y ayant acquis une renommée méritée par la direction, continuée pendant plus de 30 ans, d'un Institut célèbre, Eric Gérard a vu son pays envahi et soumis à la plus cruelle et à la plus injuste des agressions; et il disparaît, loin de sa patrie, au moment où nous commençons à entrevoir la restauration et la renaissance de la libre Belgique, qui sortira plus forte et plus brillante des épreuves qu'elle aura subies.

Eric Gérard est né à Liége le 22 septembre 1856 ; il fit ses études dans les écoles belges, puis à l'Université de Liége d'où il sortit en 1878, avec les titres d'ingénieur des Mines et d'ingénieur des Arts et Manufactures. Entré au service des Télégraphes belges, il fut envoyé à Paris où il compléta ses études électriques à l'École supérieure de Télégraphie. En 1881, il participa comme secrétaire au premier Congrès d'Electricité tenu à Paris : on se souvient que Mascart, de 20 ans plus âgé que lui, et déjà dans la maturité de son renom scientifique, y remplissait les mêmes fonctions pour la France : ce fut évidemment, pour le jeune ingénieur belge, la première école de ces relations internationales auxquelles Mascart excellait. Revenu à Liége comme ingénieur des Télégraphes belges, il succéda à De Larje dans la chaire de Télégraphie et autres applications de l'électricité à l'Ecole des Mines de sa ville natale.

En 1883, suivant ce vif mouvement d'enthousiasme qu'avait suscité en faveur de l'Electricité l'inoubliable Exposition de Paris de 1881, le sénateur Montefiore fondait l'Institut électrotechnique de Liége, rattaché à l'Université. Eric Gérard fut choisi comme directeur, et occupa ce poste jusqu'à sa mort. Il eut la lourde charge d'organiser les laboratoires du nouvel Institut : dès le début, son enseignement eut le plus vif succès, et nombreux furent, en dehors des élèves réguliers, les officiers, ingénieurs ou industriels qui s'empressèrent de profiter de ses leçons: le talent du nouveau directeur vint donc admirablement seconder les intentions généreuses du fondateur qui ne se démentirent pas ; et d'autre part une circonstance exceptionnellement heureuse favorisa, dès son début, le développement du nouvel Institut : l'Ecole Normale des Humanités, située à Liége, fut supprimée en 1886 ; de luxueux bâtiments, admirablement adaptés à l'organisation d'une Ecole technique, devenaient disponibles; grâce à l'influence du sénateur Montefiore, ils furent affectés à l'Institut électrotechnique qui put s'y installer et s'y développer largement.

Eric Gérard publia, dès 1886, des éléments d'Electrotechnique qui devaient devenir l'origine de ses célèbres *Leçons sur l'Electricité*.

C'est en 1890 que parut la première édition de ce dernier ouvrage, qui s'accrut peu à peu, et dont la huitième édition, considérablement augmentée, a paru en 1910. On connaît les grands services qu'a rendus cet ouvrage considérable. Son traité de mesures électriques (3e édition, 1908) et ses exercices et projets d'Electrotechnique, publiés en commun avec M. O. de Bast, complètent ses œuvres principales; mais il faut leur ajouter un grand nombre de brochures et d'opuscules disséminés dans la littérature électrotechnique.

Membre de très nombreuses Commissions, il y était fort écouté, et sa parole distinguée et fine était éminemment persuasive. Président du Bureau officiel belge d'Electricité, président de la Section belge de la Commission électrotechnique internationale, à la fondation de laquelle il avait participé, délégué de la Belgique au Congrès de Chicago en 1893 et de Paris en 1900, membre de la Commission internationale des Unités électriques, etc., il entra en contact, par ces fonctions, avec les électriciens du monde entier, qui appréciaient la parfaite aménité de ses relations, et avaient la plus grande estime pour cet homme un peu froid, ne se livrant pas facilement, mais en qui on sentait un entier dévouement à la Science à laquelle il avait consacré toute sa vie.

Lorsque éclata la guerre, il était à sa villa de Spa (à laquelle il avait donné le nom d'Ampère), se reposant des fatigues des examens de fin d'année et de la lourde charge de son enseignement. Il ne put se résigner à assister, impuissant, à la ruine et aux désastres qui s'abattaient sur son pays. Grâce à des appuis et à des aides dévoués qu'il trouva auprès d'un de ses anciens élèves de nationalité amie qui occupait à Liége une situation importante, il put gagner les frontières de la Hollande; il séjourna à la Haye jusqu'en janvier 1916, puis passa en Angleterre, et enfin, sentant sa santé gravement ébranlée, vint s'établir à Paris. C'est là qu'il devait s'éteindre, sans avoir revu sa chère patrie.

Paul Janet,
Professeur à la Sorbonne,
Directeur de l'Ecole supérieure d'Electricité.

§ 2. — Art de l'Ingénieur

La cause de l'adhérence du béton au fer dans le béton armé. — L'adhérence du béton au fer constitue le facteur essentiel de la résistance du béton armé. On l'attribue à une sorte de collage du fer au ciment, analogue à celui du mortier sur les briques.

Toutefois, l'expérience ne confirme nullement cette supposition; si l'on coule du béton de ciment sur une plaque de fer, l'adhérence est loin d'avoir la valeur qu'elle a dans le béton armé ; de plus, elle dépend essentiellement de l'état de la surface du fer: en particulier, si cette surface est lisse et huilée, l'adhérence est nulle.

L'expérience faite avec des barres *emprisonnées* dans du béton montre, au contraire, que l'adhérence subsiste même si les barres sont peintes ou huilées ; évidemment, dans ce cas, il ne saurait plus être question du collage du fer au béton.

A quel phénomène, alors, la solidarité entre le fer et le béton est-elle due ? Dans une récente communication à l'Académie roumaine, M. N.-V. Karpen l'attribue à *la friction du fer contre le béton*[1].

On sait que, pendant la prise, le béton se contracte; la barre de fer qui s'y trouve emprisonnée est donc serrée par le béton contracté comme par une bague en caoutchouc. Il se produit, sans aucun doute, à la surface de contact béton-fer, une pression du béton sur la barre de fer, et, si l'on essaie de retirer celle-ci du béton, elle y sera retenue par la friction.

Il est certain que le fer peut, en outre, être collé au ciment, mais ce collage, de valeur faible et incertaine, ne saurait lui-même subsister en dehors de la contraction du béton. Dans les constructions en béton armé démolies, on constate que le béton n'adhère plus au fer aussitôt que celui-ci n'est pas entouré de toutes parts par le béton ; les barres de fer sont parfaitement propres : aucune parcelle de béton n'y adhère.

En se basant sur ces considérations, M. Karpen a déterminé la formule donnant l'adhérence A provenant de la contraction (retrait) du béton en fonction du coefficient f de frottement du fer sur le béton, du coefficient de contraction c du béton, du coefficient d'élasticité E du béton supposé le même pour la tension comme pour la compression, du coefficient η de dilatation ou de contraction transversales dues à un raccourcissement

1. *Bull. de la Section scientif. de l'Acad. roumaine*, t. IV n° 9, page 328; 12 mars 1916.

ou à un allongement longitudinaux et des rayons r_0 et r_1 de la barre de fer et du bloc cylindrique coaxial dans lequel elle est emprisonnée. Les chiffres calculés par cette formule coïncident sensiblement avec ceux donnés par l'expérience. La friction produite par la contraction du béton autour du fer suffit donc pour expliquer la solidarité du fer au béton; si l'on y avait pensé tout d'abord, il est probable qu'on se serait désintéressé de l'adhérence-collage.

M. Karpen déduit de sa théorie d'autres conclusions importantes : on sait que, généralement, dans le calcul des constructions en béton armé, on ne compte pas sur la résistance à la traction, résistance considérée comme trop incertaine. La théorie de l'auteur montre, au contraire, que c'est précisément *grâce à la résistance du béton à la traction* que celui-ci se presse contre le fer et produit ainsi l'indispensable solidarité entre le fer et le béton. Cette théorie permet de donner une base rationnelle au calcul des efforts supplémentaires dus à la contraction du béton, et en particulier au calcul de l'épaisseur minimum du béton entourant le fer; cette épaisseur sera déterminée par la valeur de la tension maximum que le béton peut supporter.

Cette théorie montre aussi l'importance capitale qu'il faut attribuer à la connaissance et à la valeur du coefficient de contraction du béton c. Il est curieux de constater que, dans nombre d'ouvrages sur le béton armé, ce coefficient n'est même pas mentionné, et que les cahiers des charges actuellement en vigueur prescrivent l'invariabilité du volume du ciment pendant la prise, c'est-à-dire $c = 0$. Cette prescription, si elle était réellement satisfaite, rendrait le ciment impropre aux constructions en béton armé.

§ 3. — Electricité industrielle

Le développement et les caractéristiques des stations centrales américaines. — Au cours d'un récent voyage aux Etats-Unis, M. Sosnowski, délégué du ministère du Commerce à l'Exposition de San Francisco, a eu l'occasion de faire, sur les principales stations centrales américaines, des observations qu'il a résumées à l'une des dernières séances de la Société internationale des Electriciens[1].

Le développement des stations centrales américaines au cours de ces vingt dernières années est véritablement phénoménal et s'explique par l'augmentation extraordinaire de la consommation d'énergie électrique. Voici, par exemple, les chiffres relatifs à la Commonwealth Edison C°, de Chicago : alors que la vente du courant n'était que de 5 millions de francs en 1895, elle atteignait 25 millions en 1905 et près de 100 millions en 1914.

L'étude des stations centrales thermiques américaines amène aux constatations suivantes :

Abandon presque complet des machines à piston et *adoption générale des turbines à vapeur*, aussi bien pour les unités principales que pour tous les auxiliaires (pompes d'alimentation des chaudières, pompes des condenseurs, ventilateurs, chauffeurs mécaniques même, etc.);

Augmentation de la puissance unitaire des groupes électrogènes, laquelle est passée, en dix ans, de 5.000 kw. à 35.000 kw. On étudie déjà des groupes de 60.000 kw. et l'on parle de 75.000 kw.;

Augmentation de la vitesse des groupes électrogènes, qui a été poussée jusqu'à 3.000 t. : min pour les unités ne dépassant pas 10.000 kw, et à 1.500 t : min. pour les groupes de 35.000 kw;

Augmentation de la puissance unitaire des chaudières, laquelle a passé, suivant la désignation américaine, de 500 à 4.000 chevaux, soit, à raison de 15,5 kg par cheval, d'une vaporisation de 7.750 à 62.000 kg à l'heure. On s'attend à obtenir de cette façon le maximum de rendement par une réduction au minimum des pertes dues au rayonnement et en raison de la haute température réalisée dans les chambres de combustion;

Augmentation de la pression des chaudières, qui a passé progressivement de 10 à 12, 15 et 17 kg et qu'il est question actuellement de porter à plus de 40 kg;

Augmentation de la surchauffe jusque et au delà de 350°;

Adoption des engrenages réducteurs de vitesse pour les commandes directes par les turbines à vapeur;

Mécanisation de plus en plus générale de toutes les opérations.

Pour se rendre compte des très importants progrès réalisés dans les stations centrales à vapeur depuis une quinzaine d'années, il faut faire l'historique des rendements thermiques obtenus dans les différentes installations qui se sont suivies durant cette période. Ce rendement, qui ne dépassait pas 5 à 6 % au début, s'est élevé, avec les premières turbines, à 7 et 8 % (Fisk Street Station, Chicago). La New York Central Railroad C° a ensuite réalisé 9 %. Les perfectionnements apportés à l'installation primitive de la Fisk Street Station et l'emploi des unités supérieures à 10.000 kw ont augmenté son rendement jusqu'à 10 %. La combinaison des machines à piston les plus perfectionnées avec les turbines à basse pression a pu assurer un rendement de 11 % (New York Edison C°). Enfin l'installation la plus récente, celle de Detroit, avec ses grosses unités (turbines et chaudières), accuse un rendement de 17,5 %.

Les résultats vraiment remarquables obtenus dans les stations centrales peuvent s'expliquer, jusqu'à un certain point, par les deux faits suivants :

Tout y est constamment contrôlé. Les stations centrales sont un champ d'expériences continu; quelques-unes sont de vrais laboratoires d'essais. Sans parler des analyses des matières premières (eau, charbon, huile), tous les appareils sont contrôlés et essayés très fréquemment, quelquefois toutes les semaines, ce qui permet de les tenir constamment au maximum de leur rendement.

Tout y est provisoire. Avec l'esprit pratique américain, aucune installation, si moderne qu'elle soit, n'est considérée comme définitive. Si, en cours d'installation d'une station, on s'aperçoit d'un sérieux perfectionnement apporté à tel ou tel appareil, on l'adopte, sauf à modifier les projets et plans primitifs. Si une installation, après quelques années de marche, ne répond plus aux progrès réalisés par ailleurs, son matériel a beau être en parfait état : on le remplace, partiellement ou totalement.

Il y a plus de 20 ans que M. Sosnowski a déjà préconisé en France : l'emploi des turbines à vapeur généralisé à toutes les applications du moteur à vapeur, les grandes vitesses, suppléées au besoin par l'emploi des engrenages réducteurs, les hautes pressions des générateurs à vapeur. Il n'est pas sans intérêt de constater aux Etats-Unis la réalisation des idées qui sont nées chez nous, sans que nous ayons pu ou su leur donner le même développement, ni en tirer tout le profit.

§ 4. — Chimie

La théorie de l'accumulateur au plomb. — Il peut paraître étonnant que, 60 ans après la remarquable découverte de G. Planté, les savants ne soient pas encore complètement d'accord sur les réactions qui se passent dans l'expérience si simple de l'électrolyse de l'eau acidulée sulfurique par deux lames de plomb.

Pour Planté et aussi pour Faure, qui rendit industrielle la découverte de Planté, il y avait simplement fixation d'oxygène sous forme de $Pb\,O^2$ sur la positive, et la décharge pourrait être exprimée par l'équation :

$$2Pb + 2\,Pb\,O^2 = Pb^2\,O^3 + Pb^2\,O^3.$$

La théorie qui est devenue classique est celle de Galdstone et Tribe, émise vers 1882, et dite de la *double sulfatation :*

$$PbO^2 + 2\,SO^4\,H^2 + Pb = Pb\,SO^4 + 2\,H^2\,O + Pb\,SO^4,$$

1 *Bulletin*, 3e sér., t. VI, n° 50, p. 87; mars 1916.

dans laquelle, on le voit, les deux plaques se sulfateraient pendant la décharge.

Tour à tour cette théorie fut admise ou combattue par Crova et Garbe, Drzewiecki, Fitz-Gerald, Gladstone et Hibbert, Darrieus, Elbs, Cooper, Mugdan, Wade, Pfaff, etc.

Les adversaires de la théorie de la double sulfatation ont surtout comme argument que la quantité de SO^4 fixé par les plaques semble être la moitié de celle indiquée par la théorie de la double sulfatation et que la faible variation de poids de la positive ne semble pas être fonction des ampères-heure fournis pendant la décharge.

Des expériences ont été récemment entreprises par MM. Ch. Féry et Fournier en vue de l'établissement d'un accumulateur à liquide immobilisé dont les applications seraient en ce moment très nombreuses. Les auteurs ont cherché d'abord à se faire une opinion sur le fonctionnement de l'accumulateur normal, pensant que cette étude théorique préliminaire leur permettrait d'arriver à la solution cherchée [1].

Aucune des théories actuelles ne discutant la fixation de SO^4 sur la négative, les essais ont surtout porté sur la positive, dont le fonctionnement ne semble pas bien établi.

Tout d'abord, on peut remarquer que la couleur d'une positive bien chargée est d'un beau noir, tandis qu'en fin de décharge sa teinte a pris la couleur caractéristique du bioxyde de plomb. Cependant, on ne peut s'en rapporter à une constatation de ce genre, la couleur des corps très poreux étant souvent différente des mêmes corps à l'état compact.

Détachée de son support, la matière active positive, tassée dans un vase poreux autour d'une lame de platine, donne 2,4 volts en employant une lame de zinc comme négative. On peut avoir une décharge prolongée dans ces conditions, décharge qui tombe brusquement quand la matière est épuisée, ainsi que cela a lieu dans l'accumulateur Reynier au peroxyde de plomb. Cette décharge à 2,4 volts est suivie d'une seconde décharge beaucoup plus longue, qui débute à 0,7 volt et descend régulièrement jusqu'à zéro. La capacité de cette seconde décharge est 5 à 6 fois celle de la première.

En recommençant cette expérience avec du bioxyde de plomb chimiquement préparé, *on obtient invariablement* cette seconde décharge.

Détachée de son support, la matière active positive, bien lavée et séchée, a une résistivité extrêmement faible; le bioxyde de plomb est bien moins conducteur, le minium l'est encore moins, la litharge est presque un isolant et le sulfate de plomb présente une résistivité encore plus grande (2 millions de fois plus grande que celle du peroxyde électrolytique).

La matière active positive bien lavée et séchée, qui a la couleur du noir de fumée, perd spontanément cette teinte à l'air au bout de quelques jours, en devenant superficiellement brune.

Enfin, soumise à l'analyse chimique, le dosage conduit à la formule Pb^3O^7.

M. Tennen et M. Hollard ont d'ailleurs indiqué récemment que le dosage électrolytique du plomb en solution azotique à la positive sous forme de peroxyde, conduit au rapport $\frac{Pb}{PbO^2} = 0,852$, correspondant à Pb^3O^7, tandis que le bioxyde donnerait le rapport $\frac{Pb}{PbO^2} = 0,866$.

Tous ces faits ont conduit MM. Féry et Fournier aux conclusions suivantes :

1° La positive chargée d'un accumulateur contient un oxyde plus riche en oxygène que PbO^2;

2° La positive à fin de décharge est constituée par PbO^2;

3° Seule la négative se sulfate pendant la décharge;

4° La réaction de cette décharge peut être exprimée par la formule

$$Pb^3O^7 + SO^4H^2 + Pb = 3PbO^2 + H^2O + SO^4Pb;$$

5° Le peroxyde de plomb Pb^3O^7 est endothermique et absorbe environ 9000^{cal} (passage de PbO^2 à Pb^3O^7), contrairement au bioxyde, qui dégage environ 12000^{cal} (passage de PbO à PbO^2);

6° La décharge de l'accumulateur est tout à fait comparable à celle de l'élément au manganèse, où le dépolarisant passe à l'état de Mn^2O^3 et même Mn^2O^4. Dans l'accumulateur, Pb^3O^7 passe à l'état de PbO^2, tandis que la négative se sulfate, au lieu de se chlorurer comme dans la pile au manganèse.

1. Communication à la Soc. française de Physique, séance du 5 mai 1916.

§ 5. — Zoologie

Le développement de la tortue de mer. — A l'une des dernières séances de la Société de Biologie de Washington, M. W. P. Hay a donné quelques renseignements sur deux jeunes tortues de mer actuellement en observation à la Station biologique du Service des Pêcheries des Etats-Unis, à Beaufort (Caroline du Nord). Ce sont les survivantes d'un lot de 77, écloses du 9 au 11 septembre 1912 d'œufs provenant d'un nid du Bogue Bank et récoltés environ 6 semaines auparavant.

Au moment de l'éclosion, la taille moyenne et le poids des jeunes étaient : longueur totale, 77,3 mm.; longueur de la carapace, 46,2 mm.; poids, 20,1 gr. A l'âge de trois ans, les survivantes mesurent 493 et 515 mm. de longueur totale, 343,75 et 365 mm. de longueur de carapace, et pèsent 6690 et 7967 gr. respectivement. L'augmentation de taille et de poids a été continue, et les mesures, qui ont été prises deux fois par an, peuvent être portées en courbe. Cette courbe, prolongée, indique que la taille maximum de cette espèce, environ 1 m. de longueur de carapace, sera atteinte probablement dans la 10e ou 11e année, et que la maturité sexuelle se produira vers la 6e ou 7e année. Cette croissance est beaucoup plus rapide qu'on le croyait généralement pour les animaux de cette espèce.

Le commerce des fourrures de chinchilla et la disparition de cet animal dans l'Amérique du Sud [1]. — De tous les animaux de l'Amérique du Sud, le chinchilla est celui qui donne la fourrure la plus caractéristique et de la plus grande valeur; introduite sur le marché européen dès le commencement du XIXe siècle, elle a récemment conquis une telle popularité que la fourniture menace de tarir. Les prix en sont devenus très élevés : en 1901, le Chili exportait 385.740 peaux, évaluées à 805.391 pesos (monnaie chilienne); en 1901, l'exportation n'était plus que de 50.000 peaux, évaluées à 1.000.000 de pesos.

On chasse le chinchilla en Bolivie et dans le nord de la Cordillère chilienne. Il a complètement disparu des provinces d'Antofagasta et d'Arica, où il était autrefois très abondant; les principaux centres producteurs sont aujourd'hui Vallenar et le nord de la province de Coquimbo, où les peaux du type estimé à 10 pesos en 1908 en valaient 20 en 1910 et 30 en 1912. Dans quelques-unes des parties les plus sauvages et les plus inaccessibles de la Bolivie, le chinchilla existe encore en assez grand nombre.

L'animal est chassé par les Indiens, qui utilisent dans ce but des chiens ou des furets exercés à entrer dans les terriers. Cette méthode entraîne la destruction des jeunes, mais elle est à peine moins barbare que l'emploi de la dynamite ou de l'enfumage qui est aussi usité. Un *chinchillero* doit être doué d'une patience sans borne; il passera deux, trois ou quatre mois à capturer le plus grand nombre possible d'animaux; on cite des chasseurs boliviens qui ont fait ainsi des fortunes de plusieurs centaines de mille francs.

1. *The Geographical Review*, t. I, n° 4, p. 299; avril 1916

Durant ces dernières années, il y a eu au Chili une agitation considérable en faveur de la conservation du chinchilla. On a réclamé la prohibition de la chasse pour une période de quelques années, ce qui permettrait à cet animal très fécond de se reproduire abondamment, et l'adoption de mesures protectrices, telles que la fermeture de la chasse pendant la période de reproduction et l'emploi exclusif de trappes pour la capture.

Mais la méthode souveraine de conservation paraît être encore l'élevage, dont on a fait quelques essais à Vallenar. Dans la ferme de sir John Murray, le troupeau original de 500 chinchillas s'est rapidement élevé à 2.000. En captivité, l'animal est un peu plus petit, mais, par compensation, la fourrure est plus belle et plus épaisse.

Le chinchilla a été croisé avec un animal de la même famille, le vizcacha, en produisant une fourrure qui, quoique moins belle, a trouvé un marché étendu comme substitut du chinchilla, dont la production va en décroissant. La fourrure du vizcacha lui-même est exportée; en 1911, le Chili en a envoyé 250.000, valant 17.667 pesos.

Autrefois, les grandes foires annuelles du plateau bolivien étaient le principal marché des fourrures; mais leur importance a bien décliné. Aujourd'hui, Challapata, sur le chemin de fer d'Oruro à Antofagasta, est le marché le plus connu du chinchilla. L'exportation des peaux, principalement vers l'Europe, se fait par les ports du nord du Chili, de Coquimbo à Arica.

§ 6. — Géographie et Colonisation

La navigation dans la mer Blanche. — La guerre actuelle, en interrompant tous les moyens de communication habituels entre la Russie et ses alliés, a donné une importance inaccoutumée à la navigation dans la Mer Blanche et par suite au port d'Arkhangel, qui devint par la force des choses un des points importants de la navigation russe.

Jusqu'ici la Mer Blanche a toujours été considérée comme libre à la navigation pendant quatre mois de l'année seulement. A l'exception du port de Mourman, situé près du passage du Gulf Stream, où la mer ne gèle jamais et la navigation se fait pendant toute l'année, la circulation des bateaux dans la Mer Blanche s'arrêtait dès que les fleuves qui s'y jettent revêtaient leur manteau glacé.

Or un article intéressant de M. Gilinsky, publié par le *Bulletin de la Société Technique Impériale Russe* de février dernier, montre que la Mer Blanche n'est point aussi inaccessible à la navigation qu'on le prétend. Elle n'est, ni par son caractère, ni par sa situation géographique, une mer intérieure, mais bien un golfe extrêmement prononcé de l'Océan glacial Arctique, dont elle conserve plusieurs caractères, tels que : 1° les marées, 2° la forte teneur en sel, et 3° la température élevée de l'eau, surtout en automne et en hiver, car les vents de septembre et d'octobre y chassent l'eau du Gulf Stream dont les ramifications passent près de son entrée. Ces particularités font que son écorce glaciale n'est jamais continue ni permanente.

La Mer Blanche est entièrement libre de glaces jusqu'au mois de janvier; il commence alors à se former près de ses bords une fine couche de glace, connue sous le nom de « pripaï » (soudure). Partant des embouchures de ses affluents, cette couche se prolonge au large par une bande se rétrécissant vers le bout, large de près de 5 km. au commencement et de 1 à 2 km. environ à son extrémité. Son épaisseur ne dépasse jamais 45-60 cm.; la glace qui la compose est poreuse et fragile. Les vents et les courants la brisent fréquemment et l'emportent au large. A la même époque apparaissent les glaces dans la mer libre et des montagnes de glaces flottantes, hautes de 4 mètres à 6 m. 5, et se forment des champs de glace dont la surface atteint de 200 m. à 1 km. et l'épaisseur de 30 à 45 cm. Mais toutes ces glaces ne sont point continues, même pendant les mois de février et de mars, lorsque les encombrements de glaces sont les plus considérables, et permettent la navigation aux navires guidés par des capitaines expérimentés, comme le montre la traversée effectuée par le vapeur *Lintros*.

Parti le 14 février 1915 du port d'Alexandrovsk, voisin de Mourman, le *Lintros* arriva à Arkangel le 4 mars suivant, après avoir attendu en route pendant quelques jours le vapeur *N* qui le suivait et qui s'était égaré. Le mérite d'avoir mené à bonne fin ce voyage parmi les glaces à l'époque la plus difficile de l'année revient à M. Th. Valnev, capitaine au long cours, ayant 35 ans de navigation dans les eaux arctiques Le journal de bord montre que la difficulté la plus grande consiste à connaître les directions des vents et des courants dans tous les endroits traversés par le vaisseau. La formation de capitaines expérimentés et connaissant bien toutes les particularités de cette mer serait donc d'une grande utilité.

Les vents dominant en hiver sur la Mer Blanche sont ceux du SW et quelquefois du NW et du N. Les deux derniers chassent les glaces vers la côte de Tersk, tandis que le premier les en repousse, permettant ainsi aux vaisseaux de naviguer librement le long de cette côte depuis le cap de « Sviatoï Noss » jusqu'à l'île de Danilov. Quant aux courants de la Mer Blanche, leur direction est encore peu connue, surtout dans le passage étroit qui l'unit à l'Océan, où ils sont très irréguliers.

Au printemps, le caractère des glaces change. Diminuées et rendues plus friables dans leur partie supérieure par la chaleur solaire, elles deviennent plus résistantes dans leur partie immergée et se soudent par leur base, sous l'action du refroidissement de l'eau qui a lieu à cette époque. Leur fonte est déterminée par deux phénomènes : 1° la disparition de la croûte glaciale sur les affluents de la Mer Blanche; 2° les vents du SW ou de l'W. Si la première condition existe seule, les glaces ne fondent généralement que vers le mois de mai. Mais la présence de la seconde permet à la mer de se débarrasser de son manteau glacial au mois d'avril, alors que ses affluents restent encore gelés. De cette façon, la navigation sur la Mer Blanche est possible pendant 8-9 mois de l'année à l'abri de toutes glaces et peut même être continuée pendant les 3-4 mois restants en observant certaines conditions.

L'époque de la fonte des glaces est la plus dangereuse pour la navigation, mais la traversée d'Arkhangel à Mourman, effectuée par le vapeur *Empereur-Nicolas-II*, commandé par le même M. Valnev et suivi de quelques autres vaisseaux en mai 1912, année considérée comme une des plus « glaciales », prouve que même à cette époque la navigation n'est pas impossible. Le vieux capitaine prétend qu'elle serait même facile à l'aide d'un brise-glace qui précéderait les navires dans les endroits les plus encombrés de glaces, où il a dû attendre qu'un vent favorable lui ouvre un passage.

Selon M. Gilinsky : 1° l'établissement le long des côtes de postes d'observation hydro-météorologiques qui étudieraient les glaces de la Mer Blanche, la température de l'eau, etc.; 2° l'amélioration des phares existants et la construction de nouveaux, munis de sirènes qui permettraient aux vaisseaux, atteints par la nuit ou par la tempête de neige, de déterminer leur situation; 3° l'institution d'un cadre spécial de locmans connaissant à fond les conditions de navigation, les courants et les vents de la Mer Blanche; 4° la construction de ports, permettraient à la navigation dans la Mer Blanche d'acquérir l'importance qu'elle mérite. L'attention quelque peu forcée qu'on accorde actuellement à ces eaux et surtout au port d'Arkhangel et qui a déjà provoqué le développement extraordinaire de ce dernier, ainsi que la construction prochaine du chemin de fer Obi-Mer Blanche, seront sans doute utilisés pour l'établissement dans cette mer de la navigation internationale.

J. Vichniak.

L'INDUSTRIE FRANÇAISE DES INSTRUMENTS D'OPTIQUE ET SES PERSPECTIVES D'AVENIR

DEUXIÈME PARTIE : OPTIQUE INDUSTRIELLE ET PHOTOGRAPHIQUE. CONCLUSION [1]

III. — Optique industrielle et photographique

L'Optique industrielle est, chez nous, vivante et active. Plusieurs très grosses maisons (Balbreck, Baille-Lemaire, Société française d'Optique, Huet, Société des Lunetiers, etc.) font, sans prétendre à la perfection, mais à très bon compte, du bon travail ordinaire. Certaines ont une production intense : c'est ainsi que la Société des Lunetiers travaille, par an, 200.000 kgr de crown, de flint ou de verre ordinaire et 20.000 kgr de cristal de roche. Les Lunetiers exportent beaucoup ; certains fabricants de jumelles vendent à l'étranger, en grandes quantités, des jumelles à bas prix, où, chose singulière, la fabrication française réussit à concurrencer victorieusement la fabrication allemande. Il ne semble pas, néanmoins, que nos débouchés extérieurs soient généralement très élevés et, du côté commercial, il y aurait à faire, après la guerre.

§ 1. — Jumelles à prismes

Nos maisons ont été des premières à construire les jumelles et lunettes à prismes imaginées vers 1857 par Porro et dont plusieurs exemplaires ont figuré à l'Exposition universelle de 1867. D'ailleurs, par suite de leur prix de revient élevé, par suite aussi, peut-être, de l'insuffisance des prismes comme taille ou comme matière, les jumelles à prismes ne reçurent pas tout d'abord, du public, l'accueil qu'elles méritaient. L'invention française a été généralisée en Allemagne. Mais la jumelle à prismes, ramenée d'Allemagne par Krauss, est aujourd'hui construite en France avec une précision tout à fait comparable à celle des meilleures maisons allemandes. La guerre a prodigieusement développé cette fabrication, pour laquelle la France a pu, non seulement se suffire, mais contribuer à l'approvisionnement de ses alliés.

2. — Objectifs photographiques

Dans la fabrication des objectifs photographiques, après avoir longtemps tenu le premier rang, nous nous sommes laissé peu à peu distancer. Actuellement, à part deux grands établissements très bien dirigés et très bien montés, Lacour-Berthiot et Krauss, ce dernier étant un peu tributaire de Zeiss, nous n'avons que des maisons peu importantes comme personnel et outillage ; on y travaille bien, on y a mis sur pied de bons objectifs, parfois même de très bons, mais qui ne présentent rien de bien original.

C'est qu'il y a, entre l'opticien des premières années de la photographie et le chef technique d'une grande maison moderne, des différences profondes. Le premier n'avait à résoudre que des problèmes simples et pouvait se contenter de notions théoriques aisément acquises. Le constructeur actuel doit être, au contraire, un véritable ingénieur possédant des connaissances mathématiques et physiques très étendues : la correction des différentes aberrations exige des calculs longs et fastidieux, et des procédés de contrôle qui sont devenus de plus en plus minutieux. (Ainsi, la seule introduction des verres d'épreuve dans des fabrications industrielles, réalisée tout d'abord en Allemagne, a constitué un progrès considérable.)

Peut-être notre industrie est-elle restée trop longtemps attachée aux idées anciennes, au vieux tour de main, et a-t-elle trop hésité devant les changements coûteux, mais nécessaires, dans l'outillage et les méthodes. Les Allemands ont su tirer parti des idées techniques de précurseurs français, comme Petzval, qui n'avaient pas trouvé d'échos chez nous. Grâce à cette merveilleuse faculté d'adaptation, grâce aussi, il importe de le redire, aux recherches théoriques étendues des savants allemands, l'optique allemande « dispose, aujourd'hui, d'une puissance considérable, encore qu'il faille bien se garder de mettre au même rang toutes les maisons d'outre-Rhin, qui sont de très inégale valeur » (Wallon).

Aussi bien a-t-on déjà commencé, en France, à se ressaisir. Nos maisons ont mis au point des combinaisons intéressantes et construisent en très bonne qualité les différents types dont a besoin la photographie artistique ou industrielle : anastigmats, objectifs à portraits, objectifs d'artiste, objectifs pour la projection, pour la

1. Voir la première partie de cet article, rédigé en vue de notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?*, dans la *Revue* du 30 mai 1916, p. 298.

cinématographie, pour les procédés photomécaniques, etc. La Société d'Optique, anciens Etablissements Lacour-Berthiot, très anciennement et avantageusement connue pour les objectifs tels que le *périgraphe* et l'*eurygraphe*, fournit actuellement au Service d'Aéronautique militaire tous les objectifs dont il a besoin, qui sont à très grande ouverture et d'une extrême précision de réalisation; la guerre a montré qu'on pouvait absolument se passer, à ce point de vue, des maisons étrangères.

A propos des appareils photographiques, disons un mot de quelques accessoires : chambres et obturateurs.

Pour les chambres d'atelier et les chambres de touristes, généralement fabriquées par des ébénistes, et que les constructeurs se contentent d'équiper, nous sommes un peu trop tributaires de maisons allemandes ou anglaises. Il ne serait d'ailleurs pas difficile de s'affranchir de cette dépendance, les qualités de l'ouvrier français se prêtant parfaitement au travail de précision et d'élégance qu'exige la confection des chambres photographiques.

L'appareil à main de qualité supérieure est une création française, qui garde sa maîtrise, qu'il s'agisse du type simple ou du type stéréoscopique. « Nous le devons à ce que les premiers modèles du genre ont été établis par des constructeurs d'instruments de précision, qui ont apporté, dans la construction et dans le réglage de ces beaux outils, leurs habitudes de rigueur et de précision » (Wallon). Pour l'appareil à main de prix moyen, nous sommes dans une grande mesure tributaires de l'étranger. Cependant, quelques maisons se sont récemment spécialisées dans cette fabrication, et il convient de constater le succès qu'a obtenu la maison Richard en doublant d'un modèle à bon marché sa chambre stéréoscopique de prix.

Les obturateurs des appareils à main qui se vendent tout équipés sortent généralement de nos ateliers et leur fonctionnement donne toute satisfaction ; tout récemment, J. Richard a créé un obturateur extra-rapide qui fournit des instantanés au 1/400e de seconde en éclairant d'un seul coup toute la plaque et supprimant ainsi les déformations trop fréquentes dans les clichés obtenus avec obturateur. Mais avant la guerre, les plus répandus des obturateurs mobiles étaient allemands et il y aurait à faire, de ce côté, de la part de nos constructeurs.

Pour terminer ce qui est relatif à la photographie, signalons encore quelques spécialités françaises :

Dans le domaine de la photographie stéréoscopique, Jules Richard a porté son élégant et pratique vérascope à un degré de perfection vraiment admirable, tout en lui conservant des formes minuscules. Le même constructeur a également fort étudié le stéréoscope : pour éviter d'avoir à transposer les images en coupant les clichés, opération difficile et toujours ennuyeuse, il a imaginé un stéréoscope redresseur, caractérisé par l'application, à chaque oculaire, d'une combinaison optique constituée par un prisme en forme de tétraèdre et un prisme à réflexion totale, et qui permet l'observation des clichés non transposés ; en regardant avec un tel appareil un cliché stéréoscopique ordinaire du côté gélatine ou une plaque autochrome du côté verre, l'image apparaît à l'endroit et en relief ; les inscriptions apparaissent également à l'endroit. Tout dernièrement, avec la collaboration de M. Colardeau, J. Richard a combiné un stéréoscope muni d'un dispositif optique analogue, et grâce auquel on peut examiner les épreuves radioscopiques, soit avec le relief normal, soit avec le relief pseudoscopique.

La maison Lacour-Berthiot (Société d'Optique) construit les appareils créés par Bertillon pour la photographie métrique et dont le principe est une application originale à la chambre noire des lois de la perspective et de la physiologie oculaire. La plupart de ces appareils, que Bertillon avait inventés pour servir à ses investigations criminologiques, sont combinés également en vue des recherches scientifiques (archéologie, ethnographie, anthropométrie, craniologie, etc.).

§ 3. — Cinématographe

Le physiologiste français Marey, par ses recherches de chronophotographie en vue d'enregistrer les différentes phases d'un mouvement complexe, peut être considéré comme le véritable précurseur du cinématographe. Il restait après lui, pour réaliser la synthèse, à faire défiler rapidement devant l'œil les photographies prises à des intervalles de temps très rapprochés. C'est le problème qu'Edison, s'inspirant des travaux très antérieurs de Plateau, avait essayé de résoudre vers 1893. Mais la solution véritablement industrielle de la projection sur un écran des vues cinématographiques à intervalles suffisamment courts pour donner une image fidèle de la réalité animée, a été fournie pour la première fois en 1895 par les frères Lumière [1]. Les progrès se sont depuis lors rapidement succédé et il n'entre

1. En somme, Marey a tout inventé, ou à peu près, concernant le cinématographe, mais il n'a pas eu les films qui, seuls, ont permis de réaliser cet instrument sous sa forme actuelle.

pas dans notre dessein de les énumérer ici. Disons seulement que, dans le domaine des industries cinématographiques, la France a conservé une suprématie incontestée. Elle compte plusieurs établissements importants, dont deux, en particulier, Gaumont et Pathé, sont tout à fait puissants et admirablement outillés.

Pour la construction des appareils qui servent à la prise des vues, notre industrie ne rencontre pas de concurrence sérieuse. Les maisons allemandes commençaient bien à vendre pas mal d'appareils servant à la projection; mais, actuellement, alors qu'elles ne peuvent plus intervenir sur le marché, on constate que l'industrie française suffit à tous les besoins.

Si, malgré la production intense de la maison Lumière, nous sommes quelque peu tributaires de l'étranger pour les films vierges, nous exportons par contre pour une quinzaine de millions de francs de films impressionnés.

Notons enfin les perfectionnements, introduits en France, et qui sont relatifs à la cinématographie en couleurs, et à l'association du cinéma et du phonographe réglés synchroniquement (cinématographe parlant de Gaumont). Le Dr Comandon a également réalisé des merveilles, soit par la cinématographie des microbes, soit par celle des images radiographiques sur écran, cette dernière grâce à l'emploi d'un objectif quartz-uviol calculé par M. Florian et réalisé par la maison Lacour-Berthiot.

§ 4. — Phares

Toute l'industrie des phares est d'origine française, qu'il s'agisse des inventions ou des réalisations pratiques. Avant l'illustre Fresnel, on ne connaissait que les réflecteurs paraboliques profonds, en cuivre plaqué d'argent; il fallait autant de paraboloïdes et de sources que d'éclats à produire.

Ces réflecteurs n'ont été conservés que pour de petits feux flottants. Fresnel a imaginé les lentilles à échelons dioptriques entourés d'anneaux réflecteurs en verre, dits catadioptriques. Les méthodes de Fresnel pour le calcul des lentilles et des anneaux ont été perfectionnées par Allard, directeur des Phares.

L'exécution des lentilles et des anneaux a été mise au point, dès 1825, sous la direction de Fresnel, par la maison Soleil, qui est devenue depuis la maison Sautter, Sautter-Lemonnier, et Sautter-Harlé (directeur : M. J. Rey); cette maison a été la véritable créatrice de l'industrie des phares lenticulaires et, aussi, des projecteurs, comme on le verra par la suite. La maison Bénard-Barbier et Turenne a été fondée par Barbier, ancien ingénieur à la maison Sautter. Récemment la maison Henry-Lepaute a créé également des ateliers pour la fabrication des phares. Ces trois maisons ont apporté leur concours à tous les perfectionnements imaginés par le Service des Phares français.

Les principales améliorations introduites par ce Service, depuis Fresnel, ont consisté dans la réduction progressive du nombre des panneaux constituant les appareils optiques, et dans l'augmentation de l'éclat intrinsèque des sources de lumière. Si on laisse de côté cette dernière question, on peut dire que la réduction du nombre des panneaux a eu pour but de réduire la durée des éclipses et la durée des éclats, tout en augmentant l'intensité lumineuse de ces derniers, mais ce résultat a exigé l'emploi de vitesses croissantes pour les appareils et une réalisation de construction de plus en plus précise.

Bourdelles, directeur des Phares, a poussé jusqu'à la limite du possible, en 1892, la vitesse de rotation et l'intensité des éclats en mettant les appareils tournants sur flotteurs à mercure; il a pu réaliser ainsi les feux à un, deux, trois ou quatre panneaux seulement et à courtes éclipses (dont une à 5 secondes, désignée sous le nom de feu-éclair) qui ont constitué un énorme progrès dans la technique des phares. Un premier appareil, du type bi-valve, a figuré à l'Exposition de Chicago, en 1893. A l'étranger, le même mouvement a été suivi ultérieurement et à l'instigation de la France.

L'ensemble des phares français a été modifié depuis cette époque suivant cette nouvelle orientation. En même temps, les méthodes de vérification, plus précises et plus exigeantes, introduites par M. Ribière, directeur actuel des Phares, ont, depuis 1898, forcé les constructeurs à améliorer leur outillage et la précision de la taille des anneaux dioptriques et catadioptriques.

Les lois de la perception des lumières brèves, dont la connaissance est si importante au point de vue de la pratique des signaux rapides, ont fait l'objet d'études étendues de la part de MM. Broca et Sulzer (1902) et, plus récemment (1911), de MM. A. Blondel et J. Rey, qui ont pu déduire un grand nombre de résultats extrêmement intéressants.

Les appareils actuellement construits en France sont aussi parfaits que possible et ont maintenu à l'industrie française sa réputation et sa supériorité. Cette industrie a fourni, pendant la première moitié du XIXe siècle, tous les phares établis en France et à l'étranger; elle a continué depuis lors à exporter une grande quantité d'appareils, malgré la concurrence que lui ont

faite successivement une grande fabrique anglaise d'optique et une maison allemande de création récente. En 1914, le nombre des phares et des signaux sonores, dus seulement à la maison Sautter-Harlé et installés dans tous les pays du monde, atteignait 3.356, comportant une variété de 250 modèles.

L'industrie française a apporté encore différentes solutions nouvelles intéressantes : par exemple, la solution du problème des feux à éclat d'alignement (maison Bénard-Barbier et Turenne), la réalisation de phares catoptriques légers et économiques par l'emploi des projecteurs métalliques découpés en tronçons (établissements Sautter-Harlé), l'utilisation de miroirs dorés, etc.

En ce moment, malgré la guerre, les maisons françaises ont en construction plusieurs phares pour l'étranger.

§ 5. — Projecteurs

Les projecteurs sont également d'invention française. Le premier projecteur électrique, du type lenticulaire, utilisant les profils optiques de Fresnel, a été réalisé par Sautter en 1869; mais le projecteur n'est entré réellement dans la pratique qu'avec l'invention du colonel Mangin, constituée par un ménisque concave-convexe, formant une lentille divergente, argenté sur la face convexe; ces projecteurs ont été pendant longtemps la spécialité de la maison Sautter-Harlé, qui les a perfectionnés en réduisant peu à peu les distances focales pour augmenter le flux de lumière utilisé; ils sont encore remarquables par l'exactitude de leur taille et l'homogénéité de leurs faisceaux et restent employés pour les petites applications (automobiles, locomotives, etc.).

Dans les projecteurs militaires, on a utilisé successivement les paraboloïdes en verre argenté, pour lesquels les maisons françaises (notamment Harlé et Bréguet) ont créé des outillages très perfectionnés, égaux ou supérieurs à ceux de la maison allemande Schuckert, puis des miroirs paraboliques en métal léger et doré, ce qui lui permet de résister à l'action chimique des fumées et des gaz dégagés par l'arc; ces miroirs dorés, créés par la maison Sautter-Harlé et aujourd'hui adoptés dans toute l'industrie française, donnent des faisceaux aussi bons que ceux des projecteurs en verre et fournissent une lumière plus pénétrante à travers la brume. Quatre grandes maisons françaises construisent les projecteurs militaires (Sautter-Harlé; Bréguet; Bénard-Barbier et Turenne; Luchaire) et ont trouvé d'importants débouchés à l'étranger. C'est par centaines que l'on compte les projecteurs qu'elles ont fourni, depuis la guerre, à l'armée française, avec des diamètres de 0,60 à 0,90 m. pour les projecteurs de campagne et de 0,90 à 1,50 m. pour les projecteurs fixes et les projecteurs de la marine [1].

Concurremment à ces grands projecteurs militaires, l'industrie française (maisons Henry Lepaute, Ducellier, Blériot, et beaucoup d'autres) produit des milliers de projecteurs plus petits de 0,25 m. à 0,30 m. de diamètre, en métal ou en verre, suivant qu'il s'agit d'usages militaires ou civils (le verre est condamné pour les usages militaires parce qu'il est brisé par les balles), et de nouvelles méthodes ingénieuses ont été imaginées pour la fabrication rapide des paraboloïdes métalliques.

Les qualités dominantes de l'industrie française, qui sont le fini et la précision, grâce à l'intelligence de la main-d'œuvre employée, trouvent un champ d'action particulièrement heureux dans l'industrie des phares et des projecteurs. Cette industrie s'était un peu ralentie par suite de la saturation des côtes françaises en phares, du petit nombre d'occasions pouvant se présenter à l'étranger, de la concurrence des autres pays (pour le Maroc, il a fallu partager les commandes entre trois constructeurs français, le constructeur anglais et le constructeur allemand) et parfois aussi de l'insuffisante activité de notre diplomatie pour appuyer nos constructeurs à l'étranger. Mais on peut espérer qu'après la guerre notre grande optique industrielle trouvera à l'extérieur d'importants débouchés [2].

1. La guerre a trouvé notre armée peu munie de projecteurs. Les attaques de nuit des Allemands ayant montré la nécessité de renforcer cet outillage, un service spécial a été créé qui, sous l'énergique direction du commandant Bochet, ancien président de la Société des électriciens et ancien ingénieur de la maison Sautter-Harlé, a su tirer notre armée de l'infériorité où elle s'était un instant trouvée à ce point de vue.

2. Il serait bon, d'ailleurs, de songer dès maintenant à l'avenir, si l'on ne veut pas laisser drainer par d'autres pays, alliés ou neutres, la clientèle allemande et même une partie de la clientèle française. Nous avons dit que les grandes maisons françaises continuaient à exporter. En réalité, cela ne va pas sans une certaine gêne, que notre Administration ne cherche peut-être pas assez à atténuer. Ainsi, nous signale la maison Bénard-Barbier et Turenne, de sérieux obstacles proviennent de ce qu'il faut présentement obtenir : d'abord, une première autorisation pour accepter toute commande; ensuite, une seconde pour construire; une nouvelle pour se procurer les matières premières; enfin une quatrième pour exporter.

Une procédure aussi compliquée nécessite des démarches sans fin qu'il serait souhaitable de voir réduire, étant donné qu'il en résulte de très longs délais paralysant l'industrie française au profit des concurrents étrangers.

C'est ainsi que, pour délivrer l'autorisation d'exporter, les pouvoirs publics exigent que tout le matériel à expédier soit emballé au préalable, afin de connaître les poids bruts des colis et les poids nets de leur contenu. Comme l'emballage des pièces de phares est une opération fort minutieuse et fort longue, si, au laps de temps indispensable pour cette opération, vient s'ajouter un nouvel intervalle d'un mois et quelquefois de six semaines, exigé pour l'obtention de

IV. — Conclusions

Le bilan des industries françaises d'Optique, que nous venons de dresser aussi fidèlement que possible, est en somme assez rassurant; il n'est guère de besoins auxquels nous ne puissions satisfaire moyennant quelques efforts, et dans certaines branches nous avons atteint une perfection qu'on ne dépasse pas ailleurs.

Il n'en demeure pas moins que notre production est faible vis-à-vis de celle de l'Allemagne, où « l'exportation des appareils de précision aurait été, en 1913, de 112 millions de marks (environ la moitié de la production), l'importation étant seulement de 15 millions de marks » (Violle). Et on ne trouve chez nous, à l'heure actuelle, aucune maison qui, par son chiffre d'affaires et sa réputation, soit comparable à celles d'Iéna.

Si l'on considère que nous avons été presque partout des précurseurs, aussi bien dans le domaine de la théorie que dans celui des réalisations pratiques, que nos écoles techniques forment des ingénieurs partout appréciés, que l'ouvrier français est universellement réputé pour son habileté et sa souplesse d'adaptation, on ne peut manquer d'être surpris du peu de prospérité relative de notre industrie, et il devient intéressant et instructif de rechercher les raisons du succès de l'industrie allemande d'optique.

Là, comme partout, les Allemands ont été servis par leur sens profond du commerce. L'industriel allemand s'entend merveilleusement à faire valoir, par une publicité savante, des produits, parfois excellents, mais parfois aussi copiés sur nos modèles ou inférieurs aux nôtres : ses catalogues, heureusement édités et illustrés, sont rédigés en plusieurs langues et renferment des indications précises sur les appareils qu'ils décrivent; son voyageur, un homme du métier connaissant le fonctionnement des appareils qu'il propose et capable de fournir sur eux toute sorte de renseignements, est extrêmement complaisant — d'aucuns disent obséquieux — et cherche évidemment à satisfaire les goûts de sa clientèle plutôt qu'à lui imposer les siens.

Une autre raison fondamentale du grand essor industriel de l'Allemagne est que la nécessité d'une coordination étroite entre la science pure et l'application y est devenue l'une de ces notions courantes répandues dans la masse, l'un de ces lieux communs qui ne se discutent pas, l'une de ces « idées-forces » qui finissent par guider, même à leur insu, peuples et individus. Le « Herr Professor » est un homme écouté, dont on cherche et dont on sait reconnaître pécuniairement les conseils. Plusieurs grandes maisons allemandes se sont attaché des savants dont le concours n'est pas purement nominal, et qui fournissent une collaboration effective en vue de l'amélioration et du contrôle de la fabrication. C'est ainsi que les verreries d'Iéna ont été dirigées par le professeur Schott, que Zeiss s'est associé avec Abbe, dont les travaux ont renouvelé la théorie du microscope, que, dans un ordre d'idées très voisin, les pompes à vide moléculaires dues au professeur Gaede sont étudiées dans son laboratoire, que les instruments de précision de la maison Max Kohler sont construits d'après des modèles proposés par Ostwald, etc. Rappelons en passant que la lampe Nernst a rapporté des millions à son auteur et lui a permis d'édifier son laboratoire de Berlin.

Cette influence bienfaisante de la science se fait sentir jusque dans la formation des ouvriers. Alors que la crise de l'apprentissage sévit, chez nous, dans toutes les industries, et à un très haut degré dans les industries de précision, les Allemands ont réussi à assurer méthodiquement la formation de leurs ingénieurs, contremaîtres et ouvriers[1]. En Allemagne, tout jeune homme est obligé par la loi, lorsqu'il prend un métier, à fréquenter des classes d'instruction; les apprentis des établissements Zeiss, à qui on demande des connaissances quelque peu étendues, suivent les cours de l'école technique de la ville dans lesquels on fait une large part à l'enseignement de l'optique; cet enseignement est pratiquement sous le contrôle de la maison, subventionné par elle, et assuré en grande partie par des professeurs appartenant aux usines; la moitié du temps passé à l'école est prise sur les heures de travail et est comptée comme présence au travail.

Le sens de l'organisation, qu'Ostwald proclame n'exister que chez les seuls Allemands, a rendu les plus grands services à nos ennemis dans bien des domaines et n'a pas peu contribué au succès de leurs entreprises industrielles[2]. Trop de nos

l'autorisation d'exporter, les retards apportés à la livraison de la marchandise dépassent bientôt toute mesure et finissent par indisposer la clientèle qui risque dès lors d'être perdue sans retour.

Il serait à désirer que cette question fût l'objet d'un examen attentif et rapide de la part des pouvoirs compétents.

1. Voir E. Bertrand : L'apprentissage professionnel, dans la *Revue* du 15 mars 1916.

2. En réalité, les Allemands ne sont peut-être pas plus organisateurs que les autres peuples; mais, chez eux, les organisateurs ont en main la « matière organisable », c'est-à-dire des hommes qui acceptent facilement de fonctionner dans une complète subordination à l'ensemble. C'est là une question de tempérament. On ne peut nier que la communauté n'en tire le profit maximum; mais, si l'individu n'y est pas adapté par nature, cette soumission constitue pour lui un sacrifice. D'ailleurs il paraît probable que l'on pourrait,

grandes maisons, créées par des hommes supérieurs, à culture scientifique élevée, doués d'un sens profond des affaires, ne survivent pas à des fondateurs qui négligent d'assurer l'avenir de l'industrie dont ils ont été l'âme. Aussi bien, l'organisation actuelle de l'industrie tend de plus en plus à provoquer la disparition des maisons de moyenne importance au profit de grandes usines, dont la conduite dépasse les forces et la compétence d'un seul homme, et dans lesquelles il faut que personne ne soit indispensable, les vides qui se produisent devant être comblés automatiquement. On sait que l'idée fixe de Zeiss a été, suivant son expression, de rendre « le succès indépendant de l'adresse personnelle des individus ». Avec une bonne organisation, des hommes d'intelligence moyenne, mais dont les efforts sont coordonnés à un but déterminé et précis, peuvent suffire à assurer le succès d'une entreprise, si vaste soit-elle.

Les divers facteurs que nous venons d'énumérer rapidement ont fait la force de l'industrie allemande et ont contribué à son développement rapide. Ils ont lourdement pesé sur la nôtre. L'individualisme, qui trahit l'aspiration profonde de notre race vers la liberté et qui a favorisé l'éclosion de tant de chefs-d'œuvre dans les lettres, les sciences et l'art français, s'accommode mal des exigences de la lutte économique. Nos constructeurs, fidèles à de vieilles traditions, ont parfois trop reculé devant le renouvellement coûteux de leur outillage et de leur organisation. Il leur a trop longtemps répugné, à eux, souvent membres de la section des Artistes du Bureau des Longitudes ou Académiciens libres, et successeurs de tant de grands noms, d'adopter les moyens d'action du commerce vulgaire ; ils ne se sont résolus à la publicité que tardivement et assez mal, et jamais à la réclame tapageuse. Enfin — constatation plus pénible à avouer dans la patrie des Fresnel, des Fizeau, des Cornu, des Pasteur, des Berthelot et des Curie — la collaboration du savant et du constructeur n'a pas toujours été aussi étroite qu'il l'eût fallu. « Dans nos établissements industriels ou commerciaux, écrit Cornu, l'homme de science est volontiers taxé de théoricien, ce qui signifie qu'on le considère comme inapte à donner un conseil profitable à la pratique ».

Malheureusement — il faut avoir le courage de le dire — cette opinion de quelques-uns de nos industriels n'a pas toujours été dépourvue de tout fondement, du moins en Optique, et le personnel scientifique français a parfois trop contribué à la laisser s'accréditer. On peut d'autant plus facilement insister que le renom de la Science française n'est pas en jeu, et que nos savants se sont taillé d'assez belles parts dans les découvertes modernes de tous les domaines pour qu'on puisse formuler des réserves sur l'intérêt qu'ils portent généralement aux applications de la science. Le physicien français, fort accessible aux idées générales, épris de théories claires et admirablement ordonnées, se passionne volontiers pour la recherche théorique, mais il reste trop souvent indifférent aux choses techniques sur lesquelles on ne trouve rien dans les meilleurs de nos périodiques. En particulier, l'optique géométrique a été très délaissée en France et cela, sans nul doute, au grand détriment de notre industrie. Signalons cependant, en ces dernières années, un certain nombre de mémoires intéressants de MM. A. Guillet, Dunoyer, Wallon, etc., et le livre admirable de Blein[1], mort au champ d'honneur.

Les considérations précédentes s'appliquent à l'état de notre industrie avant la guerre ; mais une vive réaction s'est produite qui commence à porter ses fruits.

Nos savants ont montré récemment avec quel succès ils pouvaient aborder les problèmes pratiques. Sur l'initiative de M. Henry Le Châtelier, la Société d'encouragement pour l'Industrie nationale s'est vivement préoccupée de l'avenir de notre verrerie ; M. Matignon, aidé de savants et d'ingénieurs, a pu déterminer la composition de tous les verres allemands utilisés en France, avant la guerre, pour des usages divers ; il en a étudié les propriétés et il a communiqué ses résultats au Comité technique du ministère de la Guerre. Des usines se sont créées qui fournissent, soit pour la défense nationale, soit pour le public, les produits dont l'interdiction du commerce avec l'Allemagne nous avait privés.

La nécessité d'une organisation nouvelle de l'industrie, dont on s'est pénétré un peu partout, a amené des innovations heureuses : la Société d'Optique, constituée, au début de l'année 1914, sur un noyau formé par les Etablissements Lacour-Berthiot, avait déjà commencé, avant la guerre, l'édification d'une usine apte à concurrencer les meilleures firmes allemandes. Malgré les difficultés de tous genres créées par la situation présente, cette usine est maintenant achevée, et rien ne montre mieux la nature des efforts faits en France dans ces derniers mois que l'image

par l'éducation, amener les Français, ou plus généralement les Latins, à accepter un peu plus de discipline sans qu'il y ait sacrifice de leur part.

1. Blein : *Optique géométrique* (O. Doin, Encyclopédie scientifique).

de cette construction modèle (fig. 5), apte à permettre une grosse production.

Les exemples précédents, que nous donnons au hasard, dénotent notre admirable faculté d'adaptation. Mais, si l'on veut assurer l'avenir de l'industrie d'optique française, il importe de songer au recrutement de son personnel et, pour cela, quelques créations s'imposent. La mécanique de précision, qui joue un rôle si important dans l'atelier d'un constructeur d'optique, n'est enseignée que dans une section de l'Ecole Diderot et deux écoles d'horlogerie, l'une à Paris, l'autre à Besançon ; le nombre des ouvriers formés est tout à fait insuffisant. Au point de vue optique, nous n'avons absolument rien. Il conviendrait donc : 1° de développer l'enseignement de la mécanique de précision, principalement dans les régions horlogères, où la main-d'œuvre serait facile à obtenir; 2° de créer une école d'Optique.

Cette école d'Optique devrait comprendre au moins deux divisions : une relative à l'optique proprement dite, une autre à la photographie. Le programme de la division optique a été heureusement défini par M. Violle. Cette division « serait relative au travail des pièces diverses : plans, prismes, miroirs, lentilles, etc. L'école devrait encore procurer à l'optique les calculateurs, les préparateurs, les chefs de fabrication dont elle a besoin. Elle devrait donc, outre les cours de travail manuel dont nous avons parlé, présenter un cours d'Optique physique avec manipulations et un cours d'Optique théorique avec nombreux exercices de calcul. Suivant leurs aptitudes et les cours suivis, les élèves en sortiraient avec des titres allant de l'ouvrier artiste à l'ingénieur. Tous devraient avoir travaillé le verre, aussi bien le futur ingénieur que l'apprenti. La première chose pour un opticien est de bien connaître la matière qu'il emploiera. C'est seulement après s'être mis à un long travail du verre que les frères Henry à Paris, que Draper et Ritchey aux Etats-Unis, ont réalisé de leurs mains des plans et des objectifs célèbres. L'école d'Optique nous fournirait ainsi le personnel technique qui nous manque non moins que le personnel ouvrier ».

Il faudrait aussi que les industriels français se pénètrent de la nécessité de poursuivre la lutte économique dans un esprit d'aide mutuelle et renoncent au particularisme qui, favorisant en apparence et pour un temps limité certains intérêts, ne peut le faire qu'au détriment de l'intérêt général, de sorte que, finalement, tous les intérêts particuliers se trouvent lésés. « Une solidarité intelligente fait converger les efforts vers un but commun, au lieu de les user dans ces luttes stériles que l'âpreté des intérêts immédiats provoque chez les esprits imprévoyants » (Cornu).

Pour peu, ensuite, que le Parlement et le Gouvernement s'intéressent aux questions économiques et protègent nos brevets et nos marques de fabrique contre la concurrence déloyale, qu'ils veuillent bien reprendre avec soin l'étude des lois relatives au travail et résoudre la question de l'apprentissage, nos constructeurs auront certainement à cœur d'accomplir les efforts nécessaires pour rendre leur industrie digne de ses fondateurs et des savants qui ont illustré l'Optique française.

A. Boutaric,
Chargé d'un cours complémentaire
de Physique à l'Université de Montpellier.

Fig. 5. — *Nouvelle usine de la Société française d'Optique.*

LE DÉVELOPPEMENT DES RÉCIFS CORALLIENS

Les principes les plus importants de l'écologie des coraux ont été reconnus depuis longtemps et clairement formulés par Darwin et Dana. D'autres savants y ont plus récemment ajouté des contributions diverses; mais certaines questions n'avaient pas encore été complètement élucidées. M. T. W. Vaughan, attaché au Service géologique des Etats-Unis, vient de consacrer, au Laboratoire de l'Institution Carnegie aux îles Tortugas, et sur les côtes de la Floride et des îles Bahamas, plusieurs années de recherches à l'étude de ces questions, et les résultats qu'il a obtenus[1] nous paraissent intéressants à résumer ici.

I

Les faunes coralliennes qui vivent dans l'eau à moins de 25 brasses de profondeur peuvent être divisées en deux sous-faunes, suivant leur capacité de résistance à l'eau violemment agitée. Ce sont : 1° les formes généralement massives, fortement attachées, qui peuvent résister à l'action des brisants; 2° les formes en branches, peu fixées, qui ne peuvent vivre que dans l'eau tranquille. Ces dernières se subdivisent encore suivant la résistance qu'elles offrent à l'action délétère du limon océanique. Une espèce à croissance massive peut se trouver souvent dans une eau tranquille. Plus rarement, on observe une espèce de corail à branches dans l'eau agitée; mais alors les colonies ont des ramifications plus courtes et plus fortes : elles répondent au milieu en renforçant leur structure squelettique.

Sur les côtes de la Floride et des Bahamas, des coraux larges et massifs, comme l'*Orbicella annularis*, forment la charpente résistante des récifs, tandis que, dans les espaces qui les séparent, croissent des colonies d'espèces plus petites et d'autres organismes. L'*Acropora palmata* est aussi, en certains endroits, un constructeur de récifs important : il forme des frondes ascendantes qui, par l'épaississement de leur portion basale, deviennent fort résistantes. Dans l'eau tranquille des bas-fonds situés en arrière des récifs extérieurs, ou dans celle des lagunes, on trouve deux autres espèces : le *Mæandra areolata*, qui, à cause de sa faible base d'attachement, ne peut rester fixée sur les récifs, et le *Porites furcata*, dont les branches fragiles seraient broyées par les lames. Ces deux espèces peuvent exister là où le sol est vaseux, car elles possèdent les moyens nécessaires pour se débarrasser de grandes quantités de limon. L'*Eusmilia fastigiata*, qui est aussi une espèce à squelette fragile recherchant l'eau calme, ne peut, par contre, résister au limon; on ne la trouve que là où le fond est clair. Enfin le *Porites clavaria* s'adapte également bien aux divers milieux, car on le trouve à la fois sur les récifs et dans les lagunes intérieures.

La profondeur jusqu'à laquelle s'étendent les formes les plus massives est de 18 à 31 mètres. La cause précise de cette limite d'extension en profondeur n'a pas été déterminée. Aussi M. Vaughan a-t-il étudié les divers facteurs susceptibles de la conditionner.

Tous les coraux qu'il a expérimentés possèdent la propriété d'enlever une certaine quantité de sédiment déposé sur leur surface. Les particules non nutritives sont englobées dans du mucus, et des cils éloignent le mucus et les particules incluses de la surface des tissus. Cette capacité de nettoyage des surfaces varie suivant les espèces ; elle est minimum chez les coraux qui forment la plupart des récifs extérieurs, comme l'*Orbicella annularia*, et élevée chez le *Mæandra areolata*. Quelques coraux, comme le *Siderastrea radians*, peuvent supporter pendant quelque temps la présence de limon à leur surface. Mais tout corail finit par être tué lorsqu'il est enterré sous une couche de sédiment, de sorte que les coraux ne peuvent vivre là où la sédimentation est rapide; et, comme les sédiments s'accumulent dans les régions plus profondes que la base du mouvement des grandes vagues, ou aux endroits où les courants sont faibles, ils constituent certainement un facteur qui limite l'extension en profondeur de la faune littorale.

La nutrition paraît en être un autre. Plusieurs nourritures différentes ont été offertes aux coraux, mais ils n'ont jamais pris qu'une nourriture animale; ils sont totalement carnivores. L'expérience suivante a été répétée plusieurs fois : une purée de diatomées a été placée d'un côté du disque oral, et un fragment de crabe de l'autre côté. Invariablement, le morceau de crabe a été saisi et avalé, tandis que les diatomées n'ont provoqué aucune réaction, excepté leur éloignement de la surface au bout d'un certain temps. Aucune espèce de nourriture purement végétale n'a été prise par l'un des nombreux coraux étudiés. Des morceaux de plantes recouverts de

1. *Proc. of the National Acad. of Sciences of the United States of America*, t. II, n° 2, pp. 95-100; février 1916.

petits animaux ou trempés dans du jus de viande sont bien avalés, mais plus tard la matière végétale est rejetée.

La nourriture des coraux étant le seul plankton animal, toute diminution de ce dernier quand la profondeur augmente doit limiter la distribution vers le bas des formes d'eau peu profonde; toutefois, comme on ne possède pas de données quantitatives sur le plankton animal aux environs de 20 brasses de fond dans les régions des récifs coralliens, il n'est pas possible de tirer une conclusion ferme.

M. Vaughan a étudié aussi les relations des coraux avec l'éclairement. Des échantillons de 17 espèces ont été élevés dans une obscurité complète; un était mort au bout de 2 semaines, 3 autres au bout de 4 semaines, et 11 survivaient à la fin du 43e jour. Mais tous étaient devenus pâles, quelques-uns même incolores, et présentaient des anomalies. Une expérience naturelle, qui paraît concluante, a été réalisée au wharf de Fort Jefferson. Là les coraux prospèrent sur tous les pilotis extérieurs où la lumière est intense ; mais il n'y en a point sur les pilotis centraux où règne une ombre perpétuelle. Une forte lumière paraît donc essentielle à la croissance vigoureuse des coraux d'eau peu profonde.

Un autre facteur est la température. Le Dr Mayer a déjà montré qu'un abaissement de la température à 13°,9 C. tuerait les principaux coraux qui forment les récifs de la Floride, tandis que la plupart de ceux des hauts fonds intérieurs y résisteraient. Des résultats analogues ont été obtenus à l'île Murray, en Australie. M. Vaughan a examiné les tableaux des températures enregistrées par le Service des phares le long des côtes de la Floride, et il a constaté que les récifs coralliens les plus vigoureux peuvent résister à une température minimum de 18°,15 C., inférieure de 1°,85 à celle donnée par Dana. Mais il n'est pas probable qu'ils y résisteraient fort longtemps, et l'on peut admettre que partout où la profondeur de l'eau est suffisante pour abaisser la température du fond au-dessous de 21° C., les récifs coralliens ne peuvent plus vivre. Cette température paraît atteinte, autour des Iles Hawaï et en certaines parties du golfe du Mexique et de la mer Caraïbe, à une profondeur de 183 mètres, qui serait donc l'extrême limite d'extension des coraux de récifs.

Les rapports des coraux avec la salinité de l'eau ont été également envisagés. La salinité moyenne de l'eau des Tortugas est, d'après Dole, de 36,01 ‰. 17 espèces de coraux des Tortugas ont été conservés dans un grand réservoir d'eau dont la salinité était de 18,28 ‰ pendant 24 heures. Tous ont été affectés ou tués, excepté le *Maeandra areolata*, le *Siderastrea radians* et le *Porites astreoides*: mais aucun échantillon de 16 espèces n'a paru souffrir après un séjour de 48 heures dans l'eau d'une salinité de 27,87 ‰. Il semble donc que les coraux ne seraient pas incommodés si la salinité de l'océan était réduite à environ 80 % de son chiffre actuel. Quoique M. Vaughan n'ait pas expérimenté avec de l'eau de mer concentrée, les études de Goldforb et d'autres concernant l'effet de l'eau de mer concentrée et diluée sur la régénération chez les Hydroïdes et le *Cassiopea* sont concluantes. Les résultats combinés des expériences concordent avec les déductions des océanographes et des géologues pour montrer que l'océan devient plus salé et que les organismes marins vivent maintenant dans un milieu qui est fort au-dessous de leur condition optimum d'existence.

Enfin, pour déterminer l'effet de l'exposition à l'air, 16 espèces de coraux ont été placées sur une plaque de verre à l'ombre. Au bout d'une demi-heure, aucune ne paraissait avoir souffert; presque toutes ont résisté à une exposition d'une heure, et quelques-unes à une exposition de 4 heures. Le *Favia fragum*, le *Porites clavaria* et le *Porites astreoides* ont la plus grande capacité de résistance à l'exposition à l'air. Un certain nombre d'espèces, exposées au soleil sur une plaque de verre pendant 1 h. 1/2, avaient beaucoup souffert, mais n'étaient pas entièrement tuées. En général, la résistance à l'exposition à l'air est une fonction de la porosité du squelette, les espèces au squelette le plus poreux survivant plus longtemps que les espèces à squelette dense.

En somme, les conditions nécessaires pour un vigoureux développement des récifs coralliens peuvent être résumées comme suit : 1° une profondeur maximum de l'eau d'environ 45 mètres; 2° un sol ferme ou rocheux, sans dépôt de limon ; 3° une circulation active de l'eau, avec forte agitation de temps en temps; 4° une fourniture abondante de petit plankton animal; 5° une forte lumière; 6° une température minimum non inférieure à 18° C.; 7° une salinité comprise entre 27 et 38 ‰.

II

M. Vaughan a entrepris, d'autre part, des expériences d'élevage des coraux. Des planula étaient transportées, au moyen d'une pipette, du vase contenant la colonie parentale dans un bocal dont le fond était couvert d'un disque en terre cuite. Bien que les planula puissent vivre

longtemps, et même se fixer dans de l'eau non renouvelée, maintenue à la salinité convenable, il est préférable de changer l'eau au moins une fois par jour.

A cause de son importance pour la distribution possible des espèces coralliennes par les courants océaniques, il est bon de connaître la durée de l'état larvaire libre. Des observations faites sur 4 espèces ont donné des durées variant de 2 à 23 jours. Un courant océanique ayant une vitesse de 3 nœuds à l'heure pourrait donc transporter des planula à 1.656 nœuds en 23 jours. On sait que toutes les espèces de coraux d'eau peu profonde des Bermudes se trouvent en Floride et dans les Indes occidentales; l'explication de la distribution étendue des espèces coralliennes vivantes est donc donnée par la durée, qui peut être longue, de la phase larvaire libre.

La vitesse de croissance des coraux a été déterminée soit en plantant des planula qui s'étaient fixées elles-mêmes au laboratoire, soit en mesurant des colonies formées par des planula qui s'étaient fixées sur des collecteurs à une époque connue, soit en mesurant des colonies cimentées sur des disques fixés à l'extrémité de pieux plantés dans le fond de la mer, ou enfin en mesurant des colonies naturellement fixées. Les coraux de la Floride ont été mesurés chaque année, ceux des Bahamas en 1912 et en 1914. On a calculé la vitesse de croissance moyenne pour chaque espèce à chaque station.

Les dimensions des colonies de toutes les espèces de coraux semblent limitées, mais quelques-unes atteignent une grande taille : 2 à 3 mètres de diamètre, et presque autant en hauteur, tandis que d'autres espèces sont adultes après avoir atteint un diamètre de 35 à 50 mm. Le *Favia fragum* et le *Mæandra areolata* sont des exemples d'espèces à croissance relativement rapide pendant 2 à 4 ans, après quoi elles se développent plus lentement. Les coraux à branches croissent plus rapidement que les espèces massives; en général, plus le corail est massif et dense, plus il croît lentement; tandis que plus le squelette est rameux et poreux, plus il se développe rapidement.

On ne peut donc parler de vitesse moyenne de croissance pour les coraux, car cette vitesse varie selon les espèces, et dans une même espèce suivant les conditions locales : pureté de l'eau, température, etc.

Pour déterminer la rapidité de croissance d'un récif, il faut se baser sur la vitesse de développement des véritables espèces formatrices de récifs. Celle de l'*Orbicella annularis*, le principal constructeur des récifs pléistocènes et actuellement vivants de la Floride et des Indes occidentales, est de 5 à 7 mm. par an, suivant les stations. Au taux de 6 mm. par an, il formerait un récif de 46 m. d'épaisseur en 7665 ans; à raison de 7 mm. par an, il ne faudrait que 6500 ans pour construire la même épaisseur. L'*Acropora palmata*, qui croît plus rapidement, peut bâtir une épaisseur semblable en 1800 ans. La croissance des coraux dans le Pacifique semble encore plus rapide; d'après Stanley Gardiner, ils peuvent édifier un récif de 46 m. d'épaisseur en 1000 ans. Ces recherches sur la croissance des coraux montrent que les récifs coralliens connus actuellement vivants doivent avoir été formés depuis la disparition des dernières couches de glace continentales.

A. Chauvin.

LE ROLE DES LABORATOIRES PUBLICS D'ESSAIS[1]

I. — Considérations générales

En 1864, le ministre de l'Agriculture, du Commerce et des Travaux publics avait confié au général Morin, le savant Directeur du Conservatoire impérial des Arts et Métiers, à M. Perdonnet, Directeur de l'Ecole impériale centrale des Arts et Manufactures, et à M. F. Monnier, auditeur au Conseil d'Etat, une mission relative à l'organisation de l'Enseignement industriel et professionnel en Allemagne.

Le général Morin, dans un remarquable Rapport publié en 1865, a exposé les résultats de cette mision qui avait porté sur un grand nombre d'établissements.

Ce Rapport contient les renseignements les plus précieux sur les idées générales et systématiques déjà adoptées à cette époque en Allemagne. Il permettait, dès sa publication, de déterminer très facilement les moyens les mieux en harmonie avec nos mœurs et nos institutions pour atteindre en France le même but.

1. Cet article a été écrit en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* (Voir les précédents articles sur la même question dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars 1916).

Comme particulièrement importantes, citons les réflexions suivantes, qui font partie des observations du général Morin sur le degré d'élévation de l'enseignement :

« Il est juste de reconnaître que cette élévation de l'enseignement, jointe à la multiplicité des Instituts polytechniques dont l'Allemagne s'est enrichie depuis 30 ans, a puissamment contribué à y développer le goût des hautes études scientifiques, et celui des applications de la science à toutes les branches des services publics et de l'industrie.

« Ces progrès nous étaient indiqués déjà depuis plusieurs années par les publications remarquables qui étaient faites de l'autre côté du Rhin sur toutes ces questions, et ce que nous avons vu ne peut que nous confirmer dans la conséquence que nous avons tirée de l'examen de ces travaux. »

Et maintenant écoutez l'avertissement qu'avec une profonde pénétration de vues le général Morin a lancé à la France :

« *L'Allemagne nous paraît avoir fait, pour la diffusion des sciences et surtout pour leur application à tous les besoins des travaux publics, des arts et de l'industrie, des progrès bien plus rapides que l'Angleterre, et il importe que la France s'en préoccupe sérieusement, car le jour n'est peut-être pas loin où l'Allemagne, joignant au bon marché de la main-d'œuvre et aux habitudes modestes de la vie privée toutes les ressources de la science, deviendra pour notre industrie une rivale aussi dangereuse que celle qui, de l'autre côté du détroit, nous a le plus préoccupés jusqu'ici.* »

Plus de 50 années ont passé depuis que le Rapport du général Morin a été remis au ministre du Commerce. Nous avons eu avec l'Allemagne la malheureuse guerre de 1870-71 ; nous avons connu l'envahissement de ses produits sur nos marchés ; nous sommes de nouveau en guerre avec elle. Quant à l'ancienne rivale « de l'autre côté du détroit », ainsi que la désignait alors le général Morin, elle est aujourd'hui notre fidèle alliée pour combattre, à nos côtés, cette puissance qu'un orgueil insensé a rendue dangereuse, non seulement pour notre commerce et notre industrie, mais également pour la conservation des grands principes de l'Humanité, du Droit, de l'Honneur et de la Justice.

Que de temps perdu, depuis l'appel du général Morin ! Pourtant, les avertissements n'ont pas manqué ; dans ces dernières années surtout, de courageux auteurs ont signalé le danger, de plus en plus redoutable, et montré nos défaillances...

Il a fallu que les événements les plus horribles de l'Histoire s'accomplissent, pour qu'enfin la France se ressaisisse et se pose résolument la question : « Comment développer l'industrie française après la guerre ?

Nul ne met en doute, en France, que nous serons victorieux de nos ennemis. Beaucoup s'imaginent que la conséquence logique sera l'anéantissement de l'industrie et du commerce de l'Allemagne.

Sans entrer dans des considérations économiques, d'ailleurs maintes fois exposées depuis quelque temps, on doit prévoir cependant que le temps des illusions est passé. Lorsqu'il s'agit, en effet, des intérêts importants que soulèvent les transactions commerciales et industrielles entre les divers pays, les questions de sentiment passent souvent au second plan.

Quelle que soit la situation à laquelle nous acculions l'Allemagne, il faut nous persuader que nous la retrouverons encore notre rivale, en particulier sur le terrain commercial et industriel. Sachons que déjà, dans ce sens, elle s'organise, n'ayant encore rien abandonné de son rêve de domination universelle ; sachons qu'il nous faudra toute notre énergie pour préparer utilement « l'après-guerre ».

D'autre part — et il ne faut pas l'oublier — nous trouverons, devant nous, des puissances qui, actuellement neutres, auront eu toutes facilités pour s'organiser pendant la guerre, et également les puissances qui se battent à nos côtés, et qui, comme nous, seront appelées à faire consacrer leur effort militaire par une réorganisation de leurs moyens économiques, industriels et commerciaux.

Les solutions pratiques nécessaires pour réorganiser notre industrie doivent, avant tout, permettre de réaliser les trois desiderata suivants : exécuter *vite, mieux, à meilleur marché.*

Ces conditions sont la base même des transactions aujourd'hui mondiales et de tout temps indispensables pour « réussir des affaires ».

Aux questions d'organisation de l'enseignement technique, de l'apprentissage professionnel, des diverses industries, pour lesquelles la *Revue générale des Sciences pures et appliquées* procède à une enquête, il faudra ajouter celles qui concernent : l'organisation du crédit; le fonctionnement des services publics avec le sentiment des responsabilités et le goût des initiatives ; la coordination des efforts entre les divers services : Commerce, Industrie, Agriculture, Transports ; l'action gouvernementale, etc.

Quels que soient les programmes les plus complets et les mieux étudiés qui puissent être

élaborés, ils ne vaudront que par la *volonté* de tous d'aboutir, par la *coordination des efforts* entre les mains de chefs compétents et énergiques, par le renoncement enfin de pratiques d'intérêts personnels ou locaux, au profit de *l'intérêt général* de la Patrie.

Sous ses réserves, — et il ne faut pas se dissimuler les grosses difficultés de leur réalisation, — nous pouvons étudier plus particulièrement le rôle des Laboratoires publics d'Essais, rôle qui se rattache à la fois à la vie industrielle du pays et à l'organisation des services de l'Etat.

II. — Rôle et origine des laboratoires officiels d'essais

Les Laboratoires d'Essais ont pour objet les déterminations des mesures propres à faciliter la connaissance, aussi précise et aussi rapide que possible, des caractéristiques des produits ou des machines. Ce sont donc, avant tout, des organes de réalisation immédiate.

On ne doit pas les confondre avec les *Laboratoires d'enseignement*, destinés à compléter, par des études pratiques, les cours techniques des professeurs, et qui présentent une organisation particulière pour l'éducation technique des étudiants, ni avec les *Laboratoires de recherches*, la plupart du temps créés pour l'étude de questions spéciales d'actualité, en vue de découvrir des propriétés nouvelles, et dont les travaux font l'objet de longues et patientes investigations.

Des qualités très différentes sont d'ailleurs nécessaires pour *enseigner*, pour *découvrir*, pour *réaliser* — et il est exceptionnel de les rencontrer, ne fût-ce qu'en partie, réunies chez un même sujet.

Le personnel technique d'un Laboratoire d'Essais doit être choisi spécialement en vue du *but pratique* qu'on doit y atteindre ; ce personnel devra posséder des connaissances scientifiques et techniques générales, être spécialisé dans certaines parties de la Technique, et enfin avoir des dispositions naturelles pour les réalisations pratiques qu'exigent les expériences, parfois délicates, nécessitées par les essais.

Dans les Laboratoires d'Essais doit s'établir la liaison entre le domaine purement spéculatif de la Science et les réalisations matérielles immédiates que réclame la Technique industrielle. Ce sont en quelque sorte de véritables « firmes scientifiques », qui doivent être dirigées avec toutes les garanties de la Science, et administrées sous une forme aussi industrielle que possible.

C'est dans cet esprit qu'ont été organisés dans ces dernières années, en Amérique, en Angleterre, en Allemagne, les grands Laboratoires officiels d'Essais. A la valeur scientifique de leur nombreux personnel se joint une organisation administrative autonome, qui permet à ces établissements de présenter toutes les garanties désirables, tout en possédant la souplesse d'adaptation aux exigences de la vie industrielle moderne des Etats qui ambitionnent de tenir la tête du progrès.

La pratique des essais est relativement récente.

Selon P. S. Girard, dans son *Traité analytique de la résistance des solides* (1798), « c'est Galilée qui posa, dans le cours du XVIIe siècle, les fondements de la Physique moderne, et le premier qui ait essayé d'appliquer à la résistance des solides les lois de la Mécanique. Ce fut en visitant l'arsenal de Venise, et en observant dans les différents ateliers les machines que l'on y construisait, que la résistance des matériaux devint l'objet de ses méditations ».

Toutefois, d'après M. Ph. Fremont[1], « Galilée ne faisait pas d'essais de matériaux proprement dits ».

Suivant l'édition du grand manuscrit, jusque-là inédit, *Codice Atlantico*, ce serait Léonardo da Vinci, qui, pour la première fois, aurait effectué des essais de résistance.

Enfin, d'après les recherches du Dr Benedicks, de l'Université d'Upsal, et de M. Hannover, directeur du Laboratoire d'Essais de l'Etat danois, il semble que l'honneur d'avoir exécuté le premier des essais pratiques de matériaux reviendrait au général danois baron Poul Würtz (1612-1676).

Quoi qu'il en soit de l'origine des essais, jusqu'au milieu du XVIIIe siècle ceux-ci étaient des plus primitifs et consistaient le plus fréquemment en des procédés de recettes empiriques.

En 1775, on voit apparaître des essais de réception de métaux pour les fabrications de l'artillerie.

Peu à peu, quelques grandes usines installent des machines pour leurs propres essais, mais la moyenne et la petite industrie, ainsi que les inventeurs, n'ont pas encore la possibilité de faire exécuter de sérieuses expériences.

C'est seulement au cours du XIXe siècle que des établissements officiels commencent à effectuer, pour le public, des essais présentant des caractères de garantie suffisants pour l'époque.

Le plus souvent, d'ailleurs, ces essais avaient lieu dans des laboratoires annexés à de grandes Ecoles des Etats, et qui étaient surtout utilisés pour les besoins de l'enseignement.

1. Ph. Fremont : Evolution des Méthodes et des Appareils employés pour l'essai des Matériaux de Construction.

C'est ainsi que se sont fondés, jusque vers 1875, les principaux laboratoires suivants :

1825. — Ecole des Mines de Stockolm : Mécanique appliquée.

1836. — Ecole des Mines de Liége : Mécanique appliquée

1843. — Ecole des Ponts et Chaussées de Paris : Matériaux de Construction des Ponts et Chaussées.

1853. — Institut du Professeur Sobko, à St. Pétersbourg.

1854. — Laboratoire du Conservatoire des Arts et Métiers, à Paris : Mécanique et Machines.

1871. — Laboratoire de Munich : Métaux et Matériaux de Construction.

1876. — Laboratoire de Munich : Machines.

1877. — Laboratoire de Prague : Métaux, Matériaux divers.

1877. — Polytechnicum de Zurich : Métaux, Matériaux divers.

1878. — University College de Londres : Matériaux et essais physiques.

1880. — Université technique de Berlin : Métaux.

Entre temps, les établissements de l'Artillerie, de la Marine, des Compagnies de chemins de fer, etc... installaient des laboratoires pour leurs besoins spéciaux respectifs.

Mais le mérite d'avoir créé le genre de Laboratoire officiel d'essais, pour les besoins exclusifs du public, revient à la France.

C'est, en effet, au Conservatoire des Arts et Métiers, déjà célèbre par son Musée, et renommé par les travaux de ses savants professeurs, que fût installé, en 1854, par son directeur, le général Morin, et par le professeur Tresca, le premier Laboratoire d'Essais industriels de mécanique et de machines digne de ce nom.

Nul établissement ne pouvait d'ailleurs être mieux choisi pour servir de berceau à un Laboratoire de ce genre, que le Conservatoire des Arts et Métiers, œuvre de la Convention, destiné, dès son origine, à développer l'enseignement technique, à vulgariser les applications de la science dans toutes ses branches, et renommé par la valeur de ses savants professeurs.

Les machines furent tout d'abord installées dans l'ancienne église de l'Abbaye de Saint-Martin-des-Champs, bijou d'architecture gothique conservé au centre du Conservatoire. Malheureusement, il fallut bientôt songer à les déplacer ; le bâtiment qui les abritait menaçait de ne pouvoir supporter longtemps les ébranlements que leur marche produisait ; les dégagements de vapeur, l'humidité étaient en outre une cause de ruine rapide de ce monument historique. Enfin il devint bientôt très insuffisant pour exécuter les travaux demandés de plus en plus nombreux par le public.

En attendant l'édification, prévue dans le jardin du Conservatoire, d'un local mieux approprié, on s'installa provisoirement, très à l'étroit, dans quelques salles disponibles. Les essais réclamés chaque jour par l'industrie se firent alors dans les limites permises par cette insuffisante installation.

On sait combien, malgré cela, il est sorti de résultats précieux des travaux entrepris à l'époque sous la direction du général Morin, du professeur Tresca, de mécaniciens illustres tels que Philips, etc...

Ce que l'on sait moins, c'est que les étrangers, alors comme de nos jours avides de profiter de nos progrès, sont venus souvent puiser leurs inspirations au Laboratoire de Mécanique du Conservatoire des Arts et Métiers.

C'est ainsi qu'avant la création du grand Laboratoire allemand de Charlottenburg, notre établissement reçut, en 1886, la visite de deux délégués de Helmholtz, qui avaient tenu à se renseigner sur notre installation, et qui, à leur retour, déclarèrent, dans une lettre, d'ailleurs pleine de courtoisie, au Directeur, « qu'il n'existait encore rien d'analogue en Allemagne ».

Il a fallu malheureusement attendre jusqu'en 1901 pour qu'il fût donné suite aux projets conçus dès 1854, et que l'insuffisante installation provisoire de cette époque s'améliorât.

III. — Principaux laboratoires d'essais officiels étrangers

Pendant qu'en France on restait ainsi stationnaire, la question faisait de rapides progrès à l'étranger, où un grand nombre d'importants Laboratoires officiels d'essais étaient créés : en Allemagne, en Angleterre, en Autriche, aux Etats-Unis, au Danemark, en France, en Italie, en Russie, en Suisse, etc...

Nous résumons, ci-après, les renseignements concernant les principaux d'entre eux.

§ 1. — Allemagne

Laboratoire royal d'essais de matériaux. — Rappelons brièvement l'historique de ce grand établissement, dont il faut d'ailleurs reconnaître la renommée.

Le 15 juin 1870, le célèbre ingénieur Wöhler, des Ateliers de chemin de fer de Francfort, fut autorisé à poursuivre ses travaux à l'Université de Berlin. En 1878 furent installées, dans un petit bâtiment d'une des cours de l'Université, diverses machines nouvelles d'essais mécaniques. On élargit alors le champ des travaux du

Laboratoire; des taxes furent établies pour les essais demandés par le public.

En 1884, ce Laboratoire d'Essais fut transporté à Charlottenburg; on l'utilisa également pour l'enseignement technique des étudiants. Le personnel, qui se composait au début de 2 ou 3 ingénieurs et de quelques aides, fut considérablement augmenté. Cette même année, on créa la section des essais de papiers, puis celle des essais d'huiles, et l'on organisa celle des essais sur les matériaux de construction, en utilisant des éléments existant déjà.

Enfin, en 1904, furent organisées les sections de métallographie et de chimie. A cette même époque, une nouvelle installation du Laboratoire était décidée sur de vastes emplacements, à Gross-Lichterfelde, près de Berlin; un crédit de 2.655.000 marks était accordé pour cette nouvelle installation.

Un an avant la guerre actuelle, le Laboratoire royal d'essais des matériaux comprenait un personnel de 229 personnes, dont 121 ingénieurs spécialistes; ses dépenses annuelles s'élevaient à la somme de 860.000 fr. environ.

Institut physico-technique allemand. — En même temps que la création du Laboratoire d'Essais des matériaux préoccupait les techniciens allemands, on envisageait également la création d'un Laboratoire physico-technique, destiné à fournir au public des données précises pour les mesures de physique.

En 1887, on fondait l'Institut physico-technique impérial, à Charlottenburg, sur une portion d'un terrain d'environ 35 hectares, qui fut en partie offert gracieusement par le célèbre Siemens. Les dépenses de premier établissement ont dépassé 5.000.000 de marks.

Cet Institut comprend deux divisions : une division de recherches de physique pure, et une division dite : des essais, vérifications et étalonnages du domaine de la physique, destinés au public.

Toutefois, il est manifeste, lorsqu'on visite l'établissement, que cette seconde division subit l'influence du milieu des recherches purement spéculatives de la voisine; on n'y découvre pas cette activité spéciale aux laboratoires qui effectuent des essais courants de réalisation, qu'on semble considérer à cet Institut comme d'un intérêt secondaire. Et pourtant un personnel nombreux y est attaché : avant la guerre, 103 personnes environ, dont 30 physiciens diplômés, travaillaient à la division des Essais.

§ 2. — Angleterre

L'Angleterre possède divers laboratoires officiels d'Essais, notamment le Standards Department, l'Electrical Standardising Laboratory, le National Physical Laboratory, etc.

Ce dernier établissement, de beaucoup le plus important, fut d'abord organisé, en 1896, en Laboratoire de Physique. On utilisa à cet effet un grand bâtiment situé dans le parc de Bushy-House, à Teddington, petite localité située à une vingtaine de kilomètres de Londres. Bientôt le National Physical Laboratory, soutenu par d'importantes subventions de sociétés techniques et de particuliers, doté d'un nombreux personnel compétent, prenait une extension considérable.

Aussi, en 1900, le Gouvernement fut-il amené à en proposer l'agrandissement. On établit le plan complet d'une nouvelle installation à bâtiments de construction industrielle, à édifier sur les vastes terrains du parc de Bushy-House, où un développement ultérieur restait encore possible.

Le National Physical Laboratory s'occupe des essais physiques, chimiques, mécaniques, des matériaux et machines, des essais de métallurgie, des essais de carènes, des essais d'aéronautique, etc...

Au total, avant la guerre, environ 160 agents, dont 60 physiciens, chimistes, ingénieurs diplômés, étaient attachés à l'établissement.

Les frais d'installations des parties nouvelles ont dépassé 2.000.000 de francs. Enfin les dépenses annuelles de fonctionnement ont atteint 812.000 francs.

§ 3. — Autriche-Hongrie

L'Autriche-Hongrie a conservé ses anciens Laboratoires mixtes d'essais et d'enseignement, de Vienne et de Prague.

Suivant la voie tracée par les autres puissances, on a, dans ces dernières années, organisé à Budapest le Laboratoire d'Essais de l'Association hongroise, où s'effectuent les essais mécaniques, physiques, chimiques, des matériaux, et ceux d'électricité, et où l'on comptait avant la guerre un personnel d'une trentaine de techniciens ou d'employés.

§. 4 — Belgique

La Belgique, si ouverte au progrès industriel, possédait avant la guerre de nombreux Laboratoires d'Essais adaptés aux besoins spéciaux. Citons parmi les plus renommés celui de l'Association des Industriels de Belgique, et celui des Chemins de Fer de l'État belge, à Malines, d'où sont sortis des résultats de travaux très intéressants.

§ 5 . — Danemark

Au Danemark, le Laboratoire d'Essais de l'Etat Danois, fondé par la Société des Ingénieurs

Danois, en 1896, effectue les essais des divers matériaux.

Il relève actuellement directement de l'Etat. Malgré les ressources relativement limitées dont il dispose, cet établissement rend de grands services au Danemark, et l'accroissement de ses travaux est de plus en plus important.

§ 6. — **Etats-Unis**

Aux Etats-Unis d'Amérique, les principales villes possèdent, dans leurs Universités ou dans leurs Collèges, des Laboratoires splendidement organisés, où sont effectués les essais et étalonnages dont l'industrie ou la science ont besoin.

A Washington, le National Bureau of Standards, ou Bureau des Etalons, est un Laboratoire national d'Essais.

D'une part, chargé de la garde des étalons fondamentaux, c'est à lui que sont confiés les essais des étalons secondaires légaux employés pour les mesures scientifiques, industrielles, ou commerciales.

D'autre part, pour le Gouvernement, les Etats, les Instituts scientifiques, les Sociétés, ou les particuliers, il effectue des essais physiques, des essais chimiques, des essais de résistance des matériaux, et des essais d'appareils.

Ses attributions générales sont donc les mêmes que celles du Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, à cela près qu'il est le dépositaire des étalons et que le domaine de l'électricité est de son ressort.

Fondé le 3 mars 1901, par un acte du Congrès, il fonctionne depuis l'année 1904. Il relève directement du Ministère du Commerce et du Travail. Doté d'importants crédits — ses dépenses annuelles se sont élevées à 1.250.000 francs en 1911 — et d'un nombreux personnel technique — 136 personnes, dont 86 techniciens spécialistes, — il possède des installations grandioses, tant à Washington, sur un vaste terrain boisé situé à quelques kilomètres de la ville, qu'à ses trois annexes, dont la principale est celle de Pittsburg.

§ 7. — **Suisse**

Ce pays industrieux possède, en dehors des Laboratoires d'enseignement utilisés à l'occasion pour les essais, un très intéressant Laboratoire fédéral d'Essais des matériaux, huiles, papiers, etc..., et un Laboratoire spécial d'Essais des combustibles. Etablis il y a peu d'années à Zurich, soutenus par des décisions du Gouvernement Helvétique, leur activité a crû rapidement et leurs installations sont déjà insuffisantes.

§ 8. — **Russie**

En Russie, le Service Central des Poids et Mesures possède de vastes Laboratoires admirablement outillés. Ses installations et attributions lui permettent de rendre en partie les mêmes services qu'un Laboratoire physico-technique; sa direction relève directement du Ministère des Finances.

L'Observatoire physique central de l'Académie Impériale des Sciences s'occupe de la vérification des instruments de météorologie.

Il existe à Petrograd le Laboratoire mécanique de l'Institut polytechnique, et celui du Ministère des Voies et Communications.

Enfin, Varsovie possède un Laboratoire d'Essais où règne une certaine activité.

§ 9. — **Autres puissances**

La Suède à Stockholm, l'Italie à Rome, la Roumanie à Bucarest, le Portugal à Lisbonne, ont, dans ces dernières années, installé des Laboratoires nationaux d'essais, inspirés de ceux de l'étranger.

Quelque temps avant la guerre, la Serbie créait, à l'Université de Belgrade, un Institut d'essais des matériaux; l'Amérique du Sud, le Japon, s'organisaient également pour avoir des Laboratoires d'Essais nationaux.

IV. — Laboratoires d'essais officiels français

Les principaux Laboratoires d'essais officiels français peuvent être répartis en deux groupes, comprenant respectivement : ceux qui sont utilisés *par les administrations de l'Etat comme organes d'exécution des services publics*, et ceux qui sont utilisés *par le public pour les transactions commerciales ou industrielles.*

§ 1. — **Laboratoires d'exécution des services publics.**

Dans le premier groupe se trouvent notamment le Laboratoire d'essais mécaniques, et celui d'essais chimiques de la Section technique de l'Artillerie ; les divers Laboratoires de réception des Etablissements constructeurs de la Guerre; le Laboratoire de réception des Services de l'Intendance; le Laboratoire Central de la Marine; le Laboratoire du Service des Fabrications de l'Aviation; le Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées pour le Ministère des Travaux Publics, etc.

Notons encore que le Ministère des Finances utilise, pour les besoins des douanes et des contributions indirectes, un grand nombre de Laboratoires de chimie répartis sur différents points du territoire.

Enfin, il existe un grand nombre de Laboratoires spéciaux dépendant de diverses administrations, comme celui de la répression des fraudes, au Ministère de l'Agriculture, le Laboratoire Municipal de la Ville de Paris, etc..., établissements qui correspondent généralement à des contrôles très définis.

§ 2. — **Laboratoires publics d'essais.**

Dans le second groupe, celui des Laboratoires répondant aux besoins immédiats du Commerce ou de l'Industrie, on compte, en France, les établissements suivants :

Le Bureau d'Essais pour les substances minérales, de l'Ecole Supérieure des Mines;

Le Bureau des Conditions des soies et laines et analyses de papiers, de la Bourse du Commerce de Paris;

Le Laboratoire Central d'Electricité;

Le Laboratoire d'Essais mécaniques, physiques, chimiques et de machines, du Conservatoire National des Arts et Métiers.

Ces Etablissements délivrent au public, contre le paiement de taxes, des procès-verbaux contenant les résultats des essais.

Les deux premiers sont tout à fait spécialisés; ils existent, d'ailleurs, depuis très longtemps. Ils rendent de très importants services.

Le Laboratoire Central d'Electricité, subventionné par le Ministère des Travaux Publics, a été institué par décret du 24 juin 1882; il est organisé et entretenu par la Société Internationale des Electriciens.

Il a pour objet la conservation des étalons électriques, l'étalonnage des appareils de mesures électriques, les déterminations des constantes d'appareils électriques industriels, les études d'électricité.

Avant la guerre, il comptait un personnel de 15 électriciens environ. L'éloge de ce Laboratoire n'est plus à faire; sa réputation s'est étendue dans tous les pays, et ses travaux ont contribué, pour une large part, aux progrès des industries électriques.

Quant au Laboratoire d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, rappelons qu'il a remplacé le Laboratoire de Mécanique fondé en 1854 par le général Morin. Il a été créé par décret du 19 mai 1900, puis organisé par la loi et le décret du 9 juillet 1901, à la suite d'une convention passée entre le Ministre du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes, le Conservatoire National des Arts et Métiers, et la Chambre de Commerce de Paris.

Le but de ce Laboratoire d'Essais est de permettre aux Services de l'Etat, aux industriels, aux commerçants et aux particuliers, de soumettre les produits bruts ou manufacturés de toutes sortes, les machines et appareils, aux essais *mécaniques, physiques, chimiques ou de machines* susceptibles de les qualifier. En l'établissant on a réservé les situations acquises à l'époque par les autres Laboratoires, de façon à éviter des concurrences ou des doubles emplois.

Cet établissement comprend cinq Services ou sections : Physique, Métaux, Matériaux de construction, Machines, Chimie.

Il occupe une superficie d'environ 5.500 mètres carrés; par suite du développement de ses divers services, il se trouve déjà très à l'étroit dans les locaux du Conservatoire des Arts et Métiers. Les dépenses de premier établissement ont été d'environ 1.150.000 francs, et les dépenses annuelles se sont élevées à environ 250.000 francs en 1913. Il comptait au moment de la guerre un personnel de 62 agents.

V. — Conclusions

La création des Laboratoires publics d'Essais répond à des besoins qui n'ont cessé de croître et de se multiplier depuis un certain nombre d'années. Ils s'imposent d'autant plus aujourd'hui que les progrès des sciences appliquées ont conduit l'industrie moderne, dans tous ses domaines, à des exigences de fabrication qui sont un des principaux facteurs du succès. Pour pouvoir satisfaire à ces exigences, il est indispensable de posséder des données exactes sur les produits ou appareils les plus variés, données qui ne peuvent être fournies que par des recherches expérimentales souvent très délicates, poursuivies à l'aide d'appareils et d'instruments de mesures d'une grande précision. Ces multiples conditions ne peuvent se rencontrer réunies que dans de grands établissements publics, dotés de crédits suffisants, possédant un personnel nombreux de spécialistes ayant des aptitudes et des connaissances professionnelles approfondies.

Le Laboratoire officiel d'essais, bien organisé, contribue puissamment aux progrès des Etats. Son rôle en France, dans la réorganisation et le développement du Commerce et de l'Industrie après la guerre, est tout indiqué pour fournir des données précises sur les divers matériaux, produits ou machines, faciliter les études pratiques, guider les recherches, coordonner les résultats. Pour accomplir cette importante mission, il est absolument indispensable qu'un tel Laboratoire connaisse les nécessités techniques, non seulement celles du moment, mais aussi celles du lendemain, afin d'être mieux à même de rapprocher consommateurs et producteurs, en facilitant, et augmentant ainsi leur confiance réciproque et, par suite, leurs rapports. Il doit être une sorte d'arbitre suprême, rôle pour lequel il doit présenter toutes garanties d'indépendance et de compétence étendue et forte, ce qui conduit à en faire une institution d'Etat, pourvue d'un personnel choisi, d'un outillage complet et parfait, sous le contrôle des savants et techniciens les plus renommés.

Le point de vue des avantages qu'un tel établissement peut procurer pour les transactions commerciales et industrielles n'est pas le seul à envisager.

Les grandes administrations civiles de l'État, la Guerre, la Marine, etc.., possèdent, ainsi que nous l'avons dit plus haut, des Laboratoires spéciaux pour leurs réceptions. Or, si l'on remarque que ces Établissements dépendent de l'Administration, et souvent du service même, qui impose aux fournisseurs ses conditions de réception, il apparaît qu'ils jouent à la fois le rôle de « juge et partie », situation des plus délicates, et qu'il est préférable d'éviter, tant dans l'intérêt de l'État que dans celui des particuliers.

Un Laboratoire National d'Essais doit être absolument indépendant de tous les services susceptibles de faire appel à lui. Dans ces conditions, il peut, en cas de litige, servir de *Laboratoire-arbitre*, ce qui le rend très précieux.

Par des réglementations bien définies, les Gouvernements américain et allemand ont notamment réservé ce dernier rôle à leurs laboratoires officiels d'essais; ils ont en eux un moyen de contrôle en dernier ressort.

En France, pays du libre appel à la concurrence, la nécessité d'une pareille réglementation paraît plus qu'ailleurs indiscutable. Cette conception pourra rencontrer au début quelque résistance de la part de certains services techniques habitués jusqu'ici à imposer sans recours leur seul contrôle, mais le souci de sauvegarder les intérêts légitimes réciproques de l'État, des consommateurs et de l'industrie productrice, conduit à envisager qu'intervienne, dans le sens qui vient d'être indiqué, une réglementation, dont le caractère, nullement vexatoire, contribuerait puissamment à rehausser la valeur des résultats d'essais.

Le bref exposé que nous venons de faire, sur l'installation, l'organisation et le développement rapide des Laboratoires officiels d'essais, tant à l'étranger qu'en France, montre clairement qu'aujourd'hui les progrès du Commerce et de l'Industrie n'ont jamais lieu sans que ces établissements ne les soutiennent et même ne les déterminent. Aussi, la France doit-elle penser, dès maintenant, à la nécessité de développer rationnellement, et d'après un programme d'ensemble, l'organisation des Laboratoires officiels d'essais; négliger ce facteur dans sa préparation, pour « l'après-guerre », du grand mouvement d'affaires qui devra sanctionner sa victoire, serait créer une grave lacune, dont on apercevrait bientôt les fâcheuses conséquences.

La guerre actuelle nous pousse déjà vers cette voie du progrès, car depuis plusieurs mois tous les Laboratoires travaillent fiévreusement pour elle. L'heure n'est pas encore venue, malheureusement, de faire connaître les concours précieux et importants apportés par chacun d'eux à la Défense Nationale; il est cependant permis de dire combien a été féconde, en résultats d'études et de réalisations, la collaboration des savants et des techniciens de ces établissements avec les divers Services de la Guerre, de la Marine, avec le Ministère des Inventions avec les Puissances alliées.

Brusquement, il a fallu développer au maximum les moyens d'investigation, d'expériences et d'essais dont on disposait; il en est résulté une sorte d'organisation de circonstance, adaptée le mieux possible aux besoins très spéciaux du moment, mais qui pourra servir d'indication pour une organisation rationnelle qu'il faut dès maintenant prévoir.

Les Laboratoires officiels d'essais devront pouvoir être mis à même, d'une part, de suivre les progrès des diverses branches de sciences appliquées, et, d'autre part, de fournir au public — tant aux grandes firmes qu'aux ateliers les plus modestes — toutes les données utiles à leurs études, à la réalisation et à la mise au point de leurs inventions, à la détermination des caractéristiques des produits ou des machines de toutes sortes, ceci avec des garanties sérieuses attachées au renom de ces établissements.

Ces nécessités imposent l'étude d'un *programme d'ensemble d'organisation* de ces Laboratoires d'essais, en tenant compte de l'expérience du passé, des enseignements qu'on peut tirer du succès de quelques-uns. On tiendra aussi compte: de la *souplesse administrative* qu'ils devront présenter pour pouvoir coopérer utilement aux progrès des différentes branches de la science appliquée, des *développements ultérieurs* qu'il faut toujours prévoir, en un mot de tous les éléments susceptibles de leur donner l'*allure industrielle* compatible avec les exigences modernes.

Dans certains centres industriels importants, il sera avantageux d'installer des laboratoires spéciaux d'essais, appropriés aux besoins locaux, et de constituer des sortes d'annexes d'un organisme central d'essais dépendant d'un service public, comme cela a lieu d'ailleurs pour les Poids et Mesures, pour les Laboratoires des Douanes, de l'Agriculture, etc...

De généreux bienfaiteurs, les grands groupements industriels et commerciaux, les Pouvoirs publics, ne manqueront pas de comprendre tout l'intérêt d'une telle organisation des Laboratoires publics d'Essais, pour la rénovation de l'industrie française.

A l'occasion de la présente enquête, suggérée par la *Revue générale des Sciences*, il faut que les efforts se coordonnent; il faut que naissent les réalisations, et surtout, il faut *vouloir*. La France, puisant son énergie dans sa confiance en l'avenir, saura alors reprendre rapidement la place qui lui revient dans le monde.

F. Cellerier,
Directeur du Laboratoire d'Essais
du Conservatoire national des Arts et Métiers.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Richardson (R.-P.) et **Landis** (E.-H.). — **Fundamental Conceptions of modern Mathematics.** *Part I :* **Variables and Quantities, with a discussion of the general conception of functional relation.** — *1 vol. in-12 de 216 p. (Prix cart. : 1 dollar 25 cents). The Open Court Publishing Company, Chicago et Londres,* 1916.

Cet ouvrage traite des bases des Mathématiques au point de vue de leur développement scientifique. Alors que la tendance prédominante est de considérer la science mathématique comme un pur formalisme, dont la recherche porte sur des symboles et les lois de leur combinaison, sans s'inquiéter beaucoup de ce que ces symboles représentent, les auteurs concentrent leur attention sur les réalités que recouvrent les formules mathématiques.

Ils ont été frappés de voir comment l'exposé des définitions est défectueux dans la plupart des traités ou mémoires de Mathématiques. Les définitions ne sont posées qu'autant qu'elles sont nécessaires pour l'objet immédiat de la démonstration, et elles sont formulées non en vue des besoins généraux de la science, mais de ceux d'un ouvrage particulier. Et il arrive au lecteur d'un mémoire d'éprouver la plus grande difficulté non à apprécier le mode de raisonnement de l'auteur, mais à comprendre à quoi il s'applique réellement.

Le premier objet de l'ouvrage est donc de donner une explication claire et précise de la nature des divers types de quantités représentées par les symboles des Mathématiques. Les auteurs ne se bornent pas à un résumé des doctrines courantes, qui sont loin d'embrasser tout ce vaste sujet, mais par un travail personnel et original ils arrivent à un exposé théorique qui embrasse toute la pratique mathématique. Leur explication des quantités et leur classification ne se limite pas aux quantités de l'Algèbre ordinaire, mais elle s'étend à celles des quaternions et de toutes les autres branches de la science algébrique. Elle se complète par une considération approfondie de la constitution des variables et des caractéristiques essentielles d'une relation fonctionnelle entre des variables.

Cet ouvrage constitue le premier d'une série qui embrassera toutes les conceptions fondamentales des Mathématiques modernes : domaines, limites, continuité, quantités incommensurables, transfini, équations, etc.

2° Sciences naturelles

Documents scientifiques de la Mission Tilho (1906-1909). — *Tome I. 1 vol. in-8° de LX-412 p. avec 69 pl. et 53 fig. (Prix : 20 fr.). Tome II. 1 vol. in-8° de VIII-631 p. avec 17 pl. et 182 fig. (Prix : 25 fr.). Tome III. 1 vol. in-8° de IV + VII-485 p. avec pl. et fig. (Prix : 20 fr.). Emile Larose, 11, rue Victor-Cousin, Paris,* 1910-1914.

Chargée de procéder, de concert avec une Mission anglaise, à la délimitation de la frontière anglo-française du Niger au Tchad, la Mission dirigée par M. le commandant Tilho n'a pas seulement, de 1906 à 1909, accompli d'une façon parfaite toutes les opérations que comportait ce tracé de frontière ; elle a rapporté aussi un nombre considérable de documents de tout ordre, très précieux pour la science et dont beaucoup étaient entièrement nouveaux. Les études dont ils ont fourni les éléments, dues aux membres de la Mission et à de savants spécialistes, remplissent déjà trois forts volumes, qui comptent parmi les plus riches contributions apportées à la connaissance de l'Afrique centrale. Le programme scientifique qui avait été tracé à la Mission, et que nous avons fait connaître ici[1], a été, on peut le dire, largement rempli.

Ne pouvant entrer dans le détail de toutes les reconnaissances effectuées par les divers membres de la Mission sur la zone frontière et dans les régions voisines, nous signalerons particulièrement l'importance de l'étude qui a été faite du lac Tchad et des abords de cette cuvette lacustre. A part des considérations générales sur les travaux de la Mission, le premier tome lui est consacré tout entier, et si le commandant Tilho ne présente pas cette œuvre comme une monographie, il n'en est pas moins vrai que, malgré les très grands mérites de certains des travaux dus aux précédents explorateurs[2], jamais étude aussi complète n'avait encore paru sur le lac Tchad. C'est en effet aux points de vue scientifiques les plus divers que la Mission a envisagé le lac Tchad, comme on le voit par les notices qui se succèdent dans le volume, notices géographique, astronomique, météorologique, altimétrique, magnétique.

On sait que l'aspect physique du lac Tchad présente d'incessantes modifications dues aux variations de niveau et de profondeur, ainsi qu'au développement plus ou moins grand de la végétation palustre qui se manifeste sur ses rives et au large. De là viennent ces curieuses différences de configuration que présente le lac dans les documents successivement publiés par les explorateurs. M. le commandant Tilho nous les fait passer devant les yeux, et cette vue rétrospective est des plus intéressantes, car elle amène à se demander si ces variations ne seraient pas soumises à une loi de périodicité. La Mission Tilho l'a recherchée, mais, malgré l'étude détaillée et méthodique du Tchad à laquelle elle s'est livrée, elle estime que, pour formuler une pareille loi, il faudrait posséder des renseignements encore plus précis et plus complets sur le régime des tributaires du lac, aux apports desquels sont principalement dues ces variations. Au surplus, il y a un asséchement actuellement constaté de la nappe lacustre, qui doit être attribué à un phénomène d'ordre général ; mais, quant à l'éventualité de sa disparition totale, la Mission pense que le Tchad, déversoir de fleuves puissants, continuera à subsister pendant une longue période de temps, au moins en tant que marais.

Les savantes notices qui suivent l'étude géographique du Tchad n'ont pas le seul mérite de donner de rigoureuses notions sur une région encore peu connue, mais elles tracent aux explorateurs à venir la voie à suivre pour entreprendre des travaux analogues ; l'exposé des méthodes utilisées devient, comme le fait observer le colonel, aujourd'hui général Bourgeois, dans la Préface, un traité classique pour tout ce qui concerne la détermination astronomique des positions géographiques en exploration. Une curieuse innovation du commandant Tilho a été, par exemple, la promenade des montres pendant les journées de stationnement, afin de les maintenir dans les mêmes situations. Un autre point digne d'attention a été la précision avec laquelle ont été obtenues les déterminations de longitude par le transport du temps, à l'aide de montres de torpilleur. Pour les déterminations d'altitude, d'heureuses innovations ont été introduites aussi par le commandant Tilho dans les procédés employés ; l'altitude du Tchad a été trouvée être de 243 mètres, valeur inférieure à la plupart de

1. *Revue générale des Sciences*, 17e année, 1906, p. 921.

2. Parmi ces explorateurs, nous devons une mention toute spéciale au lieutenant-colonel Destenave qui, après la mort de Rabah, a fait effectuer la reconnaissance des pays du Tchad, et qui a donné dans la *Revue générale des Sciences* (1903, p. 649-662, et 717-727) une savante étude : *Le lac Tchad.* — Voir aussi : J. Truffert, *Le massif des M'brés* (*Exploration scientifique de la région du Tchad*). *Ibid.*, 1902, p. 77-92.

celles précédemment données, et l'existence dans la région tchadienne de zones naturelles en contre-bas du Tchad a été constatée, ce qui avait été une question controversée.

Le deuxième volume, qui comprend plusieurs parties, donne d'abord une étude, due presque entièrement au capitaine Lauzanne, de toutes ces contrées situées au nord et à l'est du Tchad, au niveau ou en contre-bas du lac, et que la Mission a très justement dénommées les « Pays-Bas du Tchad ». Ces contrées, que la Mission a visitées, comprennent des steppes et des déserts. Les gains signalés de ceux-ci sur les premières ne sont, d'après elle, que passagers; la steppe avance ou recule selon les années. Sur le point de savoir si le Bahr-el-Ghazal est un affluent ou un émissaire du Tchad, la Mission déclare que, jusqu'à Fantrassou atteint par elle, ce sillon n'est qu'un simple prolongement du Tchad. Mais y a-t-il eu, comme d'anciennes cartes l'indiquent, un fleuve unissant le Tchad au Nil? La chose n'est pas impossible, mais elle reste hypothétique pour les pays situés à l'est et au nord-est du Borkou; toujours est-il que, d'après la Mission, la pente générale du terrain va en s'abaissant du Tchad vers le Borkou.

Après quelques précisions nouvelles données aux questions d'altitude relatives au Tchad et aux Pays-Bas du Tchad, nous trouvons dans ce même volume une notice malacologique due à M. Louis Germain, qui contient la description d'espèces recueillies surtout au lac Tchad et dans les contrées du Nord-Est. Or, M. Germain tire de leur examen des considérations géographiques du plus haut intérêt. Il observe que la faune de l'Eguéï, du Toro et du Bodeli est intermédiaire entre celles du Nil et du Tchad, et que son caractère nilotique s'accentue à mesure que l'on avance vers l'Est. Ces concordances révèlent nécessairement d'anciennes connexions fluviales entre le Nil et le Tchad et, selon toutes probabilités, par la vallée du Bahr-el-Ghazal.

Nous ne pouvons insister, malgré tout leur intérêt, sur les notices qui suivent, notices météorologique et cartographique, notice historique qui formerait à elle seule tout un volume, mais nous dirons quelques mots d'une importante conclusion donnée par le chef de la Mission. Récapitulant brièvement les principaux résultats enregistrés dans les notices publiées, il montre comment elles se complètent et se confirment l'une l'autre, et notamment pour apporter à la question si longtemps controversée du lac Tchad une solution qui paraît définitive. « La topographie et l'hypsométrie d'une part, la chimie, la géologie et la malacologie de l'autre, se trouvent en complet accord, dit le commandant Tilho, pour répondre que le Tchad n'est pas le résidu d'une ancienne mer, que c'est à peine un lac,... et qu'il faut le regarder comme l'épanouissement d'une puissante nappe fluviale coulant vers le Nord-Est, plutôt que comme un lac véritable. »

Le tome III des « Documents scientifiques de la Mission Tilho », le plus récemment publié, l'a été par les soins du Dr Gaillard, médecin de la Mission; il est entièrement consacré à l'histoire naturelle, et M. Edmond Perrier, directeur du Muséum, a, dans la Préface, fait justement remarquer que les monographies qu'il contient ne sont pas seulement de bonnes descriptions, mais que toutes se distinguent par leur portée générale.

La première de ces monographies est une « Etude anthropologique des populations des régions du Tchad et du Kanem » par le Dr Gaillard et M. L. Poutrin, préparateur d'Anthropologie au Muséum. Tenant compte de ce que ces pays sont de ceux où il y a eu le plus de rencontres de races, ils n'ont fait porter leurs recherches que sur les groupes ethniques qui leur sont apparus comme les plus différenciés. Ils ne se sont pas bornés, pour déterminer les caractères anthropologiques de ces divers groupes, à l'examen des crânes, dont une étude a été faite par le Dr Rivet, assistant au Muséum; ils ont recherché si la connaissance des différentes proportions du corps, membres, tronc, face, ne pourrait pas apporter, pour cette classification, des éléments nouveaux. L'étude de ces proportions sur le vivant les a conduits à d'intéressantes conclusions aux points de vue anthropologique et anthropogéographique.

Après une note sur les reptiles et batraciens recueillis par la Mission, le Dr Jacques Pellegrin, assistant au Muséum, a donné, dans le même volume, un mémoire très important sur les poissons du bassin du Tchad. Il offre cet intérêt tout particulier qu'avant de décrire les espèces, au nombre de 66, l'auteur donne un coup d'œil général sur la distribution géographique des poissons d'eau douce dans le monde, puis en Afrique. Le Dr Pellegrin montre que, contrairement à ce qui se passe pour les grands lacs de l'Afrique orientale qui forment une sous-région équatoriale distincte, la population ichtyologique du lac Tchad et de ses tributaires paraît s'écarter fort peu de celle des grands bassins fluviaux avoisinants; si bien que le Tchad peut être considéré comme servant ou ayant servi en quelque sorte de trait d'union entre la faune du Niger et du Sénégal et celle du Nil, qui sont très voisines. M. Louis Germain, dans une seconde notice malacologique, confirme cette manière de voir, en montrant combien est uniforme la faune fluviatile des immenses territoires s'étendant entre le Nil et le Sénégal.

Une étude sur les diptères recueillis par la Mission, due à M. J.-M.-R. Surcouf, chef des travaux au Muséum, est une savante et utile monographie des diptères suceurs de sang de l'Afrique centrale, indiquant les moyens de se défendre contre eux. Enfin M. François Pellegrin, préparateur au Muséum, donne une liste de toutes les plantes rapportées par la Mission, avec des notions sur les plantes utiles.

Gustave Regelsperger.

Perrot (Em.), *Professeur à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.* — **Culture industrielle du cacaoyer en Afrique : Guide pour le planteur.** — *1 broch. de 70 p. avec fig. (Prix : 2 fr.) Imprimerie du Gouvernement, Bingerville; 1915.*

La production du cacao, qui n'était que de 68.000 tonnes il y a vingt ans, est aujourd'hui de 240.000 tonnes, et la côte occidentale d'Afrique entre pour 100.000 tonnes dans cette production sans cesse accrue. La culture du cacaoyer est donc dans une période de merveilleux développement. La consommation augmente tous les jours, et l'on peut sans crainte encourager l'extension des nouvelles cultures africaines.

D'origine américaine, comme on le sait, la culture du cacaoyer ne possède, en Afrique, ni des traditions bien établies, ni une main-d'œuvre technique ayant des méthodes admises par tous. Il était donc utile de rédiger à l'usage des planteurs africains, que tentent les entreprises de culture du cacaoyer, un manuel basé sur des observations faites sur le terrain, et tenant compte de la littérature sur la question. C'est l'ouvrage qu'a écrit M. Perrot, au cours d'un voyage d'observation accompli au cours de 1914 en Afrique équatoriale et en A.O.F.

La Côte d'Ivoire et le Gabon sont particulièrement désignés pour concourir à la production du cacao, dont nous importions en France 55.000 tonnes en 1912. Nos colonies jusqu'ici se sont trop désintéressées de la question, et n'entrent que pour une part infime dans nos achats. Or, nos colonies d'Afrique peuvent suffire, et au delà, à nos besoins, si de nouvelles plantations sont mises en œuvre dans les points favorables. La colonie anglaise de la Gold Coast a développé déjà ses grandes possibilités, et la Côte d'Ivoire est appelée à faire de même.

Le guide écrit par M. Perrot fournira tous les renseignements pratiques pour le choix du terrain, son exposition, les procédés de culture de l'arbre, et la préparation de la graine pour la vente. Un court stage dans les belles plantations de San-Thomé complétera facilement l'instruction technique des colons.

Edmond Gain,
Professeur à la Faculté des Sciences,
Directeur de l'Institut colonial de Nancy.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 8 Mai 1916

1° Sciences physiques. — M. **Etienne** : *Sur le fonctionnement du détecteur électrolytique.* Le détecteur électrolytique peut être envisagé comme un voltamètre à électrodes de platine dissymétriques. L'auteur a étudié à ce point de vue l'action sur le détecteur des oscillations électromagnétiques. Au moyen d'un dispositif approprié, il a réussi à produire un train d'ondes isolé, dont l'action sur le détecteur est indiquée par la déviation d'un galvanomètre balistique. Il a obtenu deux courbes représentant les déviations du galvanomètre en fonction de la f. é. m. auxiliaire mise aux bornes du détecteur et correspondant aux deux sens de l'étincelle à l'éclateur. Ces deux courbes montrent de deux façons différentes la dissymétrie des polarisations anodique et cathodique, conformément aux résultats de M. Rothé sur la polarisation des électrodes pour des f. é. m. continues. — M. **G. Lemoine** : *Catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène.* III. *Expériences avec les oxydes.* L'auteur a étudié la catalyse de H^2O^2 en présence de l'oxyde ferrique, de l'alumine, de l'oxyde de cérium, de la silice et de la thorine. Seule, l'alumine a une action retardatrice; les autres sont des catalyseurs positifs, mais leur action est différente suivant l'état physique et surtout l'état de division de l'oxyde. S'il y a formation de peroxydes, ils sont très instables. — MM. **H. Le Chatelier** et **F. Bogitch** : *Sur le dosage du carbone par la méthode Eggertz.* Les auteurs ont fait l'étude systématique de la méthode colorimétrique d'Eggertz pour le dosage du carbone dans les aciers après dissolution par l'acide nitrique. Les acides de densité moyenne (1,15 à 1,18) donnent la dissolution la plus rapide du métal; les acides de densité comprise entre 1,25 et 1,30 conviennent mieux pour dissoudre rapidement les composés carbonés. Enfin une durée d'ébullition de 5 minutes paraît convenable. On réalise les conditions les plus avantageuses en faisant la dissolution du métal avec un acide étendu et en ajoutant ensuite un acide plus concentré pour achever la dissolution du carbone. D'où le mode opératoire suivant : l'acier, pris en tournures ou limailles assez fines, placé dans une fiole conique de 250 cm³, est additionné, pour 1 gr. de métal, de 20 cm³ d'acide froid de densité 1,16, puis chauffé rapidement de façon à atteindre l'ébullition en 1 minute. On laisse bouillir encore 1 minute, puis on ajoute 30 cm³ d'acide bouillant de densité 1,33 et l'on continue l'ébullition pendant 3 minutes. On refroidit alors rapidement en plongeant la fiole dans une terrine pleine d'eau et agitant; le refroidissement dure 1 minute. On fait alors la comparaison colorimétrique avec un type de composition connue ou avec une solution de caramel préparée à l'avance et correspondant à un type donné.

2° Sciences naturelles. — M. **G. Lecointre** : *Quelques résultats d'une mission dans le Gharb (Maroc occidental) en 1914.* Le Trias se présente sous forme de marnes bariolées, salifères et gypsifères, avec cargnieules, magnésite, suintements de bitume et sources sulfureuses, et nombreux chaos de roches éruptives. Le Nummulitique se présente sous la forme de grès à Nummulites, alternant avec des marnes blanches, farineuses, à cordons de silex noirs. La transgression du Miocène s'est traduite par le dépôt de grès grossiers, très calcaires. Le Pliocène se rencontre sous forme de sables jaunes (facies à Pectinidés), surmontés par un conglomérat rubéfié. Le Pléistocène est représenté par les grès de Rabat, où l'on a recueilli plusieurs restes de Mammifères. — MM. **P. Lecène** et **A. Frouin** : *Nouvelles recherches démontrant la réalité du* microbisme latent *dans les plaies de guerre cicatrisées.* Les auteurs ont recherché, chez 24 blessés de guerre, la présence de microbes cultivables à la surface des projectiles depuis longtemps enfermés dans les tissus et dont les plaies d'entrée étaient parfaitement cicatrisées. Dans 17 cas, des micro-organismes variés, ayant donné naissance à des cultures, existaient à la surface du projectile, et dans 4 autres cas dans la capsule d'enkystement du projectile. Pour éviter ce « microbisme latent », qui peut se réveiller un jour, il est toujours préférable d'enlever les projectiles de guerre, même lorsque ceux-ci paraissent bien tolérés; lorsqu'on enlève ces corps étrangers, il est prudent de toujours établir un drainage, même de courte durée.

Séance du 15 Mai 1916

M. **J. Bergonié** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie.

1° Sciences physiques. — M. **Paul Gaubert** : *Polarisation circulaire produite par les sphérolites à enroulement hélicoïdal.* L'auteur a constaté qu'un certain nombre d'édifices cristallins produisent la polarisation circulaire. Quand un liquide monoréfringent passe à la phase liquide biréfringente optiquement négative, il se produit au début de très petits sphérolites, semblant présenter l'enroulement hélicoïdal, et qui transmettent une lumière rougeâtre polarisée circulairement (dextrorsum). Le caprinate de cholestérine contenant des matières étrangères donne des sphérolites solides à enroulement hélicoïdal, qui polarisent la lumière circulairement (sinistrorsum). La cholestérine, en cristallisant par solidification d'une masse fondue, donne également des sphérolites qui, lorsqu'ils sont très petits, polarisent la lumière circulairement (dextrorsum). C'est en traversant des fibres perpendiculaires à la lame cristalline suivant leur longueur que la lumière acquiert ainsi la polarisation circulaire. — M. **C. Raveau** : *Expression complète de la chaleur de dissolution réversible dans un liquide volatil.* Si l'on appelle V le volume spécifique de la vapeur du dissolvant et v celui du dissolvant dans la dissolution, sous la pression f, la concentration étant s, φ le volume du solide dans la dissolution sous une pression quelconque, et L la chaleur de dissolution réversible, l'auteur montre qu'on a la relation :

$$\frac{L}{ET} = \left(\frac{\partial s}{\partial T}\right)_P \left[\frac{1}{s}(V - v)\left(\frac{\partial f}{\partial s}\right)_T + \int_P^f \frac{\partial \varphi}{\partial s}\, dp\right]$$

En réduisant le second membre à son premier terme, on néglige uniquement la contraction qui accompagne le mélange de deux solutions voisines de la saturation. La formule ainsi simplifiée reste rigoureusement exacte sous la pression d'équilibre simultané des trois phases solide, liquide et gazeuse. — M. **G. Lemoine** : *Catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène.* IV. *Expériences avec le carbone. Conclusions.* Les trois variétés de carbone étudiées (charbon de noix de coco, de bois, de sucre) sont des catalyseurs pour H^2O^2; le plus énergique est le premier. Cette fonction de catalyseur doit être corrélative du pouvoir absorbant pour les gaz. D'une façon générale, les catalyseurs de H^2O^2 étudiés par l'auteur paraissent se diviser en deux groupes : 1° *catalyseurs chimiques* (Hg, oxydes, noir de platine), dont la fonction se rattache à la formation d'une combinaison temporaire (oxyde, peroxydes); 2° *catalyseurs physiques* (mousse de platine, charbon), dont l'action doit être rattachée à leur propriété de condenser les gaz. Les deux catalyses, chimique et physique, doivent souvent fonctionner en même temps chez le même catalyseur, suivant son état physique. — MM. **H. Le Chatelier** et **F. Bogitch** : *Sur le dosage du carbone par la méthode Eggertz.* Les auteurs

ont étudié l'influence sur la méthode de différents facteurs : nature et proportion des divers corps étrangers, structure du métal dépendant des traitements thermiques antérieurs. Pour employer utilement la méthode d'Eggertz au dosage du carbone, il est indispensable d'opérer sur des échantillons d'acier refroidis lentement et, de plus, d'employer comme type un métal renfermant sensiblement la même teneur en manganèse que l'acier étudié. — Mlle **R. Hemmerlé** : *Sur l'acide diphénylpyruvique.* L'acide phénylpyruvique libre ou, mieux, ses éthers, condensés au moyen de la soude aqueuse ou du bicarbonate de potasse, fournissent l'acide diphénylpyruvique, F. 194° avec décomposition. Avec le bicarbonate de potasse, il se forme, en outre, l'éther méthylique (F. 160°) ou éthylique (F. 140°) de l'acide α-oxo-β-phényl-γ-benzylbutyrolactone-γ-carbonique, jouissant de propriétés acides et pouvant donner des sels et des éthers, sans doute en passant d'abord à la forme énolique. — M. **J. Bougault** : *Sur l'anhydride phényloxymaléique.* L'anhydride phényloxymaléique s'obtient, avec certaines précautions, par l'action de l'acide sulfurique sur l'éther de l'acide phénylpyruvique α-cyané, comme produit intermédiaire de la préparation de l'acide phénylpyruvique. Il cristalise avec 1 mol. d'eau ; déshydraté, il fond à 63°. Chauffé à 100° avec un alcool, il fournit rapidement l'éther correspondant de l'acide pyruvique, avec dégagement de CO^2. Il réagit également avec les amines, en donnant d'abord des combinaisons moléculaires, puis des produits variables suivant l'amine (amides ou sels de l'acide phénylpyruvique).

2° Sciences naturelles. — M. **A. Guébhard** : *Sur l'âge des conglomérats supérieurs de la région de Castellane (Basses-Alpes), dans ses rapports avec les plissements alpins.* L'auteur déduit de ses recherches que ce n'est pas en une seule fois qu'a dû se faire la surrection alpine de Destourbes. A la longue phase d'exondation qui a suivi le dépôt du Lattorfien, marin à Taulanne, lacustre à Rayau, a succédé ici une ingression saumâtre du Tortonien, dont les traces ont été, partout ailleurs, presque totalement enlevées par la formation détritique qui, du Sannoisien lui-même, n'a généralement laissé subsister que de faibles témoins épars. Il y a là une présomption pour assimiler ce poudingue à celui dont l'auteur a démontré dans les Alpes maritimes l'âge pontien, et dès lors pour attribuer à la fin du Néogène les derniers grands mouvements alpins, en laissant les premiers avant le Burdigalien. — MM. **J.** et **C. Cotte** : *Examen d'une pâte préhistorique.* Les auteurs ont examiné, chimiquement et au microscope, une substance trouvée sur une petite spatule et sur un os dans la caverne de l'Adaouste. Elle est composée d'orge torréfiée et soigneusement mondée, de viande et d'un peu de kermès animal, le tout très finement broyé. Il s'agit peut-être là d'un médicament. — Mlle **S. Coëmme** : *Sur un nouveau procédé de reproduction des cloisons d'Ammonoïdes.* Ce procédé consiste dans l'impression directe sur papier de l'empreinte galvano-plastique des régions cloisonnées, quand celles-ci se présentent en creux ou en relief, l'empreinte ayant été préalablement redressée dans un plan. Les moindres traits de l'organisation apparaissent avec une grande netteté.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 9 Mai 1916

M. E. Quénu : *Rapport sur la fabrication du catgut.* L'auteur présente le Rapport d'une Commission nommée à la suite d'une communication de M. Goris sur ce sujet (voir p. 103). Le rapporteur propose à l'Académie d'émettre les vœux suivants : I. *Vœux relatifs à la fabrication :* 1° que la corde chirurgicale ne soit jamais fabriquée qu'à boyaux frais ; que les administrations introduisent dans leurs cahiers des charges cette clause essentielle ; 2° qu'à l'abattoir des perfectionnements soient apportés dans la façon de recueillir et de traiter les viscères intestinaux ; 3° que dans les boyauderies des ateliers spéciaux soient consacrés au traitement de la corde à boyau chirurgicale ; que dans ces ateliers des améliorations soient apportées à la fabrication, au point de vue tant de l'installation matérielle que de l'instruction technique du personnel. II. *Vœux relatifs à la stérilisation* (contrôle) : 1° que les tubes de catgut stérilisés par les pharmaciens subissent un contrôle venant s'ajouter au contrôle personnel du pharmacien ; 2° que les tubes de catgut portent la mention et de ce contrôle, et de l'origine industrielle de la corde. — M. **Meillière** : *Rapport sur l'obligation de déposer la formule des spécialités médicamenteuses, hygiéniques ou alimentaires.* Ce Rapport, présenté au nom d'une Commission, conclut à l'adoption du vœu suivant : l'Académie de Médecine émet le vœu que les formules de toutes les préparations spécialisées auxquelles sont attribuées des propriétés médicamenteuses, hygiéniques ou alimentaires, soient déclarées et inscrites dans un recueil spécial, ce simple dépôt des formules n'impliquant de la part de l'État aucune garantie des propriétés attribuées au produit, mais ayant principalement pour but d'étendre l'exercice régulier de la répression des fraudes à tous les produits intéressant à un degré quelconque la santé publique. Ce dépôt des formules aurait, en outre, l'avantage de renseigner exactement le corps médical sur la composition des spécialités médicamenteuses, hygiéniques ou diététiques, composition sur laquelle il est quelquefois trompé ou incomplètement édifié. — M. **L. A. Tarassévitch** : *Vaccinations antityphoïdes dans l'armée russe.* La vaccination antityphoïde, d'abord regardée d'un mauvais œil par les médecins, a été rendue obligatoire dans l'armée russe au milieu de 1915. Plusieurs millions de soldats ont déjà été vaccinés avec des vaccins préparés suivant des méthodes se rapprochant de celle de l'Institut Pasteur, par les grands laboratoires et instituts de Bactériologie russes. La technique des injections est la même qu'en France. Les réactions sont en général faibles ou nulles. On a constaté une baisse énorme de la morbidité typhique qui, avant la vaccination, constituait à elle seule près de la moitié de la morbidité générale. On a fait également de nombreux essais de vaccination mixte à la fois contre la fièvre typhoïde et contre le choléra, qui ont donné d'excellents résultats ; les réactions moyennes et fortes n'ont pas dépassé 5 %.

Séance du 16 Mai 1916

Après discussion, l'Académie adopte les conclusions du Rapport de M. Quénu sur la fabrication du catgut (voir ci-dessus). — MM. **L. Bérard** et **Aug. Lumière** : *Sur la variabilité des symptômes dans le tétanos tardif.* Pour les auteurs, le tétanos tardif, se manifestant après une intervention chirurgicale secondaire, est généralement mortel lorsque les blessés qui sont frappés n'ont reçu antérieurement aucune injection de sérum. La maladie affecte, au contraire, une forme relativement bénigne quand l'injection immunisante a été pratiquée. Dans ce cas, plus le temps qui s'est écoulé entre cette injection et l'éclosion des premiers signes tétaniques est long, plus le pronostic est sévère et plus la forme évolutive de l'intoxication se rapproche de celle qu'affecte le tétanos précoce.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 6 Mai 1916

M. E. L. Backman : *Sur la mesure de la pression artérielle chez les animaux.* L'auteur a appliqué avec succès au lapin la méthode tonométrique de Gartner ; avec cette méthode, on constate que les lapins ont une pression artérielle normale de 65 à 85 mm. de mercure. Quand ils deviennent inquiets, la pression augmente. Avec la méthode manométrique sanglante, on obtient des chiffres à peu près identiques. — M. **P. Govaerts** : *Sur le traitement du tétanos.* L'auteur a observé l'apparition de plusieurs cas de tétanos chez des blessés qui avaient reçu une injection préventive de sérum antitétanique. Dans ces cas, cependant, le traitement curatif

par le sérum, à la condition d'introduire ce dernier par la voie rachidienne, a donné des résultats excellents, sans aucun sédatif. — MM. **L. Léger** et **E. Hesse** : Mrazekia, *genre nouveau de Microsporidies à spores tubuleuses*. Les auteurs montrent que l'espèce de Microsporidie à spores tubuleuses découverte par Mrazek chez le *Lumbriculus* et le *Limnodrilus* et rattachée par lui au genre *Myxocystis*, ainsi que trois autres formes voisines récemment découvertes par les auteurs, doivent rentrer dans un genre nouveau, auquel ils donnent le nom de *Mrazekia*, caractérisé par l'existence de spores tubuleuses très allongées et munies d'un appendice caudal. — M. **G. Linossier** : *Sur la biologie de l'Oïdium lactis*. L'*Oïdium lactis* A est très sensible à l'action de l'acidité, tandis que l'*Oïdium lactis* saprophyte est un organisme essentiellement acidophile. L'*Oïdium lactis* A se développe mieux à l'étuve à 37° qu'à la température ordinaire, tandis que l'*Oïdium lactis* saprophyte ne se développe pas à 37°. La propriété de se développer à la température de l'organisme, celle de préférer aux milieux acides ceux dont l'acidité se rapproche de celle des tissus, constituent des conditions favorables pour la réalisation du parasitisme d'un champignon. Il est très probable que l'*Oïdium lactis* saprophyte, qui ne les possède pas au même degré que l'*Oïdium lactis* A, ne soit pas comme lui capable de s'implanter et de vivre sur les tissus humains. — MM. **Le Moignic** et **Pinoy** : *Application à l'homme des vaccins en émulsion dans les corps gras (lipo-vaccins)*. Les auteurs ont préparé un lipo-vaccin en vue d'une triple immunisation simultanée contre l'infection éberthienne et les infections paratyphiques A et B. A un mélange d'huile de vaseline et de lanoline on incorpore en émulsionnant des bacilles des trois variétés. La vaccination a consisté en une seule inoculation au bras d'un demi-cm³ de l'émulsion. On a observé une absence remarquable de réactions générales et locales; le sang présente bientôt après des agglutinines pour les trois bacilles ayant servi à la vaccination. — MM. **P. Lavialle** et **A. Aubry** : *Hémolysines et réactions hémolytiques. Causes d'erreurs relatives à la caractérisation des hémolysines*. Les auteurs ont constaté que les réactifs suivants : bicarbonate de soude, thymol, CO^2, β-naphtol, acide lactique, peptone, apportent dans les réactions hémolytiques des causes d'erreurs graves. Ils sont plus ou moins hémolysants, ou le deviennent à la suite d'une activation par un autre corps, qui a pu naître spontanément par fermentation des sucs ou macération (ac. lactique), ou qui s'est développé pendant la saturation de l'acidité de ces mêmes liquides au moyen d'un carbonate ou d'un bicarbonate (CO^2). Les acides organiques (ac. lactique en particulier) sont, à très faible dose, des agents hémolysants très énergiques. — MM. **O. Josué** et **M. Parturier** : *Recherches sur la viscosité du sang humain*. Les globules rouges jouent le rôle primordial dans la viscosité totale. Cependant, les variations de la viscosité plasmatique sont importantes aussi, bien qu'elles soient relativement peu considérables. En effet, une viscosité élevée du plasma a une double conséquence : d'une part, le point à partir duquel s'exerce l'action viscosante des globules est plus élevé; d'autre part, l'action viscosante même de ces globules est plus marquée dans un milieu plus visqueux. — MM. **M. Garnier** et **L. Magnenand** : *L'élimination par les fèces des pigments biliaires et de leurs dérivés au cours des ictères infectieux*. Au cours des ictères infectieux, l'élimination par les fèces de la stercobiline et du stercobilinogène est diminuée et parfois même supprimée complètement. Dans quelques cas, le pigment biliaire passe en nature dans les fèces; il peut alors s'y rencontrer sans être accompagné de stercobiline ni de stercobilinogène. — MM. **E. Weill** et **G. Mouriquand** : *Inanition et carence*. L'inanition associée à la carence entraîne (comme la carence ordinaire) une forte anorexie, qui n'apparaît pas chez les pigeons purement inanitiés. D'autre part, l'inanition ne semble pas précipiter le moment d'apparition des troubles de carence. — M. **Et Rabaud** : *Sur une race stable de souris jaunes; sa genèse, sa signification*. L'auteur a montré que de l'accouplement de certaines souris sauvages avec des souris fauves ou albinos résultait, dès la première génération, des individus à pelage gris et d'autres à pelage jaune foncé. Ces derniers, accouplés entre eux, ne sont pas stables, mais ils donnent, en même temps que des petits jaune foncé et fauves, des petits à coloration jaune gris qui, eux, constituent d'emblée une race stable. L'auteur a conservé en culture pure, depuis juillet 1914, sans aucun effort de sélection, les générations successives issues des premiers couples obtenus; tous les individus sont exactement semblables. L'étude des poils montre que ces souris ont une majorité de poils noirs et jaunes; seulement le jaune est moins étendu et n'occupe guère qu'un tiers de la longueur du poil, au lieu de la moitié; en outre, quelques-uns sont bruns à leur extrême pointe. Mais il existe aussi des poils tricolores normaux et quelques poils noirs et bruns. La genèse de cette coloration intermédiaire stable ne peut s'expliquer, d'après l'auteur, que par l'hypothèse des gamètes impurs, mise en avant par Morgan dès 1905 et adoptée peu après par Castle; cette impureté des gamètes peut aboutir au mélange véritable. — MM. **M. Brulé**, **M. Javillier** et **B. Baeckeroot** : *Sur la pathogénie des ictères picriques*. Les auteurs ont reconnu que tout ictère secondaire à une ingestion d'acide picrique est un ictère vrai par lésion de la cellule hépatique, l'acide picrique et ses dérivés lésant directement le foie comme font le phosphore ou le chloroforme. Le diagnostic des ictères picriques se trouve dès lors basé seulement sur l'analyse chimique des urines.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 5 Mai 1916

M. Marage : *Les surdi-mutités consécutives à des blessures de guerre*. Dans une Note présentée à l'Académie des Sciences le 22 novembre 1909, M. Marage avait indiqué comment il avait pu faire hurler des larynx de chiens pendant 2 ou 3 minutes après qu'ils avaient été enlevés à l'animal. Ces expériences sont simplement des expériences de laboratoire et M. Marage ne pense pas qu'un jour on puisse les appliquer à des sourds-muets, en faisant agir directement sur leurs larynx des courants faradiques. Sa communication est donc divisée en deux parties : *Première partie : Larynx de chiens*. L'animal étant chloroformé, on lui enlève son larynx, ainsi que les premiers anneaux de la trachée. Au moyen d'une canule et d'un tube de caoutchouc on fait passer un courant d'air dans l'organe, pendant qu'avec deux électrodes on fait contracter les divers muscles intralaryngiens. Sous l'influence des courants induits, le larynx entier change de forme et à chaque note correspond une forme particulière de l'organe, qui peut ainsi reproduire des sons très différents, depuis le grondement sourd du chien qui grogne (*ou, ou, ou*), jusqu'au hurlement si aigu du chien qui aboie à la lune (*u, u, u*). C'est l'ensemble du larynx, ventricules, cordes vocales inférieures et supérieures, qui forme un instrument de musique, se transformant continuellement. Ces expériences confirment l'hypothèse de Savart qui avait jadis comparé le larynx à un appeau, et infirment la théorie de Helmholtz. M. Marage projette de nombreuses photographies représentant les larynx de chiens hurlant après la mort de l'animal. *Deuxième partie : Larynx de sourds-muets*. Dans la deuxième partie de sa communication, M. Marage montre que ces expériences ne sont pas applicables à l'homme. Il se place à un double point de vue, le *diagnostic* et le *traitement*. *a: Comment on ne doit pas faire le diagnostic* : la surdi-mutité est absolue et sans lésions apparentes; elle est tellement complète que, à l'inverse de ce qui se présente chez les sourds-muets de naissance, les blessés ne peuvent pas même pousser un cri. De ce que les épreuves voltaïques indiquent des labyrinthes normalement excitables, on ne peut rien conclure, car la lésion peut être dans le cerveau et non dans l'oreille interne. On a besoin de savoir simplement

si un soldat doit être versé dans le service armé, dans l'auxiliaire ou être réformé; par conséquent, il suffit de mesurer son acuité auditive, et, s'il est complètement sourd, peu importe qu'il parle ou non, puisqu'il ne peut plus rester dans l'armée; la question mutité n'a donc d'importance qu'au moment où l'on doit liquider sa pension. Si l'on suppose cependant qu'un médecin désire s'assurer que le malade est réellement muet, il y a un procédé qu'il ne doit jamais employer: c'est celui qui consiste à soumettre le sujet à des expériences douloureuses, électriques ou autres, qui le forceraient à crier. D'ailleurs, en supposant même que cette expérience réussisse, cela ne prouverait rien; car de ce qu'un malade puisse crier, il ne s'ensuit pas qu'il puisse parler. Ces expériences auraient de plus un grave inconvénient, c'est le suivant : les autres soldats sourds-muets, ayant eu connaissance des souffrances supportées par leurs camarades, refuseraient de se laisser soumettre aux mêmes épreuves; et alors on aurait ce spectacle d'un soldat sourd-muet renvoyé à son dépôt dans le service armé comme ayant refusé de suivre un traitement (?) faradique. *b. Comment on ne doit pas faire le traitement.* En présence d'un soldat qui ne parle pas, on pourrait croire à une paralysie des muscles extrinsèques et intrinsèques du larynx et être tenté d'électriser ces muscles au moyen de courants induits. M. Marage examine quelle serait la technique à employer. Il faudrait : 1° faire tenir le blessé par quatre aides; un pour chaque membre; 2° tirer fortement la langue en dehors avec une pince, de manière à faire remonter le larynx afin de rendre les muscles intralaryngiens accessibles aux électrodes; 3° électriser également les muscles cervicaux extralaryngiens; 4° pour parler ou pour crier, il faut expirer fortement, donc il faudrait électriser les muscles expirateurs, puis les muscles inspirateurs; c'est-à-dire qu'en plus des quatre aides il faudrait un médecin pour tenir la langue, un autre pour électriser le larynx, un autre pour le thorax, un dernier pour le cou, en tout quatre médecins. Enfin, ces expériences sont difficiles, on ne les réussit pas la première fois, 1 heure 30 minutes au moins serait nécessaire. M. Marage ajoute que le courant faradique est absolument contre-indiqué, car on se trouve en présence d'un spasme des muscles respirateurs et laryngiens; suivant une expression très exacte, les sourds-muets de la guerre écrivent qu'ils ont la gorge serrée, et un massage mécanique très doux est seul capable de les guérir. *Conclusions :* 1° on ne doit jamais, pour dépister la simulation problématique de la surdimutité, soumettre le blessé à des expériences douloureuses, surtout lorsqu'on a d'autres procédés à sa disposition; 2° on ne doit jamais faire suivre à des blessés des traitements très pénibles qui peuvent ne donner aucun résultat, sans les avoir avertis d'avance de l'échec possible et avoir obtenu leur consentement. — M. **A. Turpain** : *A propos de la disparition rapide du ferromagnétisme du fer à la température du rouge.* A propos de l'expérience présentée par M. Cotton le 4 décembre 1914 et consistant à entretenir les oscillations d'un pendule par la disparition et la réapparition du ferromagnétisme du fer, M. Turpain signale un dispositif expérimental qu'il réalise, depuis 1902, dans ses cours. Il consiste à associer les phénomènes de Gorre (dilatation anomale du fer), de Barett (recalescence) et de Bidwell (disparition au rouge du ferromagnétisme). Au voisinage d'un électro-aimant, qu'on peut à volonté mettre en activité par le jeu d'un interrupteur, est tendu un fil de fer, *ab*, de 2 m. 50 à 3 mètres de longueur. On chauffe au rouge vif ce fil de fer par un courant électrique. Si l'on a soin de chauffer par le même procédé, parallèlement et préalablement, un fil de platine de même longueur, on met nettement en évidence par comparaison la dilatation anomale du fer : le platine par échauffement prend la forme d'une chaînette, de flèche de plus en plus notable; refroidie, la chaînette diminue graduellement et régulièrement sa flèche. Le fer, en se refroidissant, comme d'ailleurs en s'échauffant, présente vers 700° l'anomalie de dilatation : la flèche de la chaînette varie pendant un instant en sens inverse du sens immédiatement précédent. Si le fil de fer se refroidit, la chaînette qui se raccourcit régulièrement offre vers 700° et momentanément une brusque dilatation. Il s'ensuit une très nette inflexion du fil de fer rouge. Le phénomène est très visible, surtout si le fil se projette sur fond noir. Dans l'obscurité et pour un fil de fer de 2 mm. de diamètre environ, la recalescence s'aperçoit : au moment de sa dilatation anomale, le fil de fer présente une très légère variation de sa nuance rouge. Dans ces conditions, si, le fil de fer *ab* étant amené par le courant qui l'échauffe au rouge vif, bien nettement, par suite, au-dessus de 700°, on interrompt le courant qui échauffe le fil de fer (*la précaution est indispensable pour éviter le trouble électromagnétique*) et qu'on actionne alors l'électro-aimant, le fil de fer, bien que placé dans le champ magnétique de l'électro-aimant, est insensible à ce champ. Le refroidissement du fil de fer s'effectuant, la dilatation anomale se produit, mais au moment précis ou la chaînette formée par le fil de fer rouge éprouve le mouvement de régression comparable à une sorte de mouvement de respiration, le fil se précipite sur l'électro-aimant. Il est bon de préserver l'électro-aimant du contact direct du fil de fer, par une plaque de verre appuyée sur les pôles : l'interruption du courant dans l'électro-aimant suffit alors à faire détacher le fil des pôles. L'expérience, faite avec un fil assez long et surtout assez gros pour montrer ou tout au moins pour soupçonner la recalescence, ne laisse pas de présenter un certain intérêt par suite des trois effets qui s'accompagnent : réallongement du fil (*dilatation anomale*), ravivement léger de la nuance rouge (*recalescence*), attraction par l'électro-aimant (*réapparition du ferromagnétisme*). — M. **Ch. Féry** : *La théorie de l'accumulateur au plomb* (voir p. 328).

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 2 Mars 1916

Sciences naturelles. — MM. **J. B. Cohen, H. D. Dakin, M. Daufresne** et **J. Kenyon** : *L'action antiseptique des substances du groupe de la chloramine.* La formation, aux dépens des protéines, de substances contenant un halogène est peut-être un agent intermédiaire dans l'action germicide des hypochlorites; c'est ce qui a conduit les auteurs à étudier systématiquement un certain nombre de substances contenant le groupe NCl. Parmi les corps étudiés, ceux qui ont donné les meilleurs résultats se rattachent au groupe des sulfochloramides, préparés d'abord par Chattaway. Voici les conclusions auxquelles ont conduit ces recherches : 1° presque toutes les substances examinées contenant le groupe NCl possèdent une action germicide très forte; 2° la présence de plus d'un groupe NCl dans la molécule ne confère pas une augmentation marquée du pouvoir germicide; 3° l'action germicide de la plupart de ces composés chloraminés est, molécule pour molécule, plus grande que celle de l'hypochlorite de soude; 4° la substitution de groupes Cl, Br, I, CH^3, C^2H^5 ou NO^2 dans le noyau des chloramines aromatiques ne produit pas une très grande augmentation de l'activité germicide; plus communément, il y a une diminution modérée; 5° les dérivés chloraminés du naphtalène et d'autres composés dicycliques du type sulfochloramide ressemblent étroitement aux chloramines aromatiques plus simples au point de vue du pouvoir germicide; 6° les quelques bromamines examinées ont une action germicide légèrement inférieure à celle des chloramines correspondantes, mais les sulfobromamides sodées sont beaucoup plus actives que l'hypobromite de sodium; 7° les dérivés des protéines préparés par l'action de l'hypochlorite de soude et contenant des groupes NCl sont fortement germicides. Le sérum sanguin inhibe leur action germicide comme celle de l'hypochlorite de soude ou des chloramines aromatiques. Parmi les produits étudiés, le *p*-toluène-sulfochloramide sodé s'est montré le plus adapté à l'emploi dans

la pratique. Il est facile à fabriquer à bon marché; il n'est relativement pas irritant pour les blessures; il n'est pas toxique et peu soluble dans l'eau, et reste pendant longtemps sans se décomposer, soit à l'état solide, soit en solution. — M. **A.-J. Ewart**: *Fonctions de la chlorophylle, de la carotine et de la xanthophylle.* Dans l'assimilation de CO^2, la chlorophylle agit comme un enzyme énergétique. Elle a une part directe dans le cycle de changements chimiques qui a la xanthophylle comme produit intermédiaire et le glucose, le lévulose, le formaldéhyde et l'oxygène comme produits ultimes. La plupart du sucre est formée directement et non par l'intermédiaire de l'aldéhyde formique. Une grande partie de l'énergie représentée par ce sucre est absorbée pendant la reconstruction de la molécule de chlorophylle. A part sa fonction protectrice, la carotine semble jouer un rôle particulièrement important en fournissant, pendant sa photo-oxydation, la combinaison hydrocarbonée massive du radical phytylique de la chlorophylline dont l'addition est nécessaire pour convertir la glaucophylle dicarboxylique en chlorophylle tricarboxylique. La carotine et la xanthophylle sont mutuellement transformables à l'aide d'oxydases et de réductases métalliques respectivement. L'oxydation à l'obscurité n'est pas nécessairement la même qu'à la lumière : une émulsion de carotine à la lumière, en présence de sulfate de cuivre et de sel, développe du sucre réducteur et de l'aldéhyde formique, tandis qu'à l'obscurité elle n'en forme pas, quoiqu'elle soit légèrement oxydée. L'oxydation de la chlorophylle, de la carotine et de la xanthophylle est plus rapide à haute qu'à basse température.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 24 *Mars* 1916

Mme **C. H. Griffiths**: *Nouvelle méthode pour déterminer les vitesses ioniques.* La cathode, consistant en un disque de cuivre horizontal percé de deux trous, est montée dans un tube de verre cylindrique ouvert à l'extrémité inférieure. L'ensemble est suspendu au fléau d'une balance et immergé dans un vase contenant une solution de sulfate de cuivre. L'anode est une spirale de cuivre fixée dans l'électrolyte à quelque distance au-dessous de l'ouverture du compartiment cathodique. On peut déduire les vitesses ioniques de la rapidité de changement de poids du système suspendu pendant le passage du courant. — M. **S.-W.-J. Smith** : *Méthode pour montrer la vitesse des ions iode en solution.* Des solutions diluées de K I et de K Cl de concentration équimoléculaire ont à peu près la même conductivité électrique; elles se prêtent donc à la mesure directe des vitesses ioniques. Pour observer leur limite commune, il suffit d'ajouter un peu de chlorure mercurique à la solution de K Cl; une couche extrêmement mince d'iodure mercurique se forme alors à l'endroit où les deux solutions se touchent. La méthode convient particulièrement aux expériences de cours, et une valeur approchée de la vitesse ionique peut être obtenue en quelques minutes. La méthode peut être employée comme suit: on fait d'abord passer le courant dans la direction qui provoque la migration des ions iode vers le chlorure; le chlore libéré à l'anode, dans ce cas, fournit un moyen de redéterminer la vitesse des ions lorsque, le courant étant renversé, ils se meuvent dans la direction opposée. — M. **D. Owen** : *Les lois de variations de la résistance avec le voltage à un contact rectificateur de deux solides, avec application au détecteur d'ondes électriques.* L'auteur a cherché à déterminer la nature des actions physiques qui existent à un contact rectificateur. Il donne des caractéristiques de résistance pour divers contacts, de deux métaux ou d'un métal et d'un minéral; on peut en déduire une *caractéristique spécifique* pour chaque paire de matériaux. Les résultats expérimentaux sont d'accord avec l'hypothèse que les actions au contact sont thermo-électriques, les principaux facteurs déterminants étant le pouvoir thermo-électrique et le coefficient de température de la résistance électrique. En se basant sur la loi de la constance du voltage, l'auteur calcule la meilleure valeur de la résistance du téléphone dans un circuit récepteur de t. s. f. où l'on emploie un détecteur à contact, ainsi que l'influence d'un voltage polarisant. — M. **T. Barratt**: *La capacité électrique des électroscopes à feuille d'or.* On emploie fréquemment l'électroscope à feuille d'or pour comparer des courants d'ionisation très faibles ; dans ce cas, il est beaucoup plus sensible qu'un électromètre à quadrants. Si la capacité de l'électroscope est connue, on peut en déduire la valeur absolue du courant d'ionisation en ampères. L'auteur décrit une méthode pour mesurer la capacité d'un électroscope à feuille d'or : elle consiste à partager, autant de fois qu'il est nécessaire, la charge d'un condensateur à air à plaques parallèles de capacité mesurable, et à déduire la capacité de l'électroscope de la chute de potentiel observée. La méthode donne des résultats constants dans des conditions expérimentales très variables.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section d'Edimbourg

Séance du 19 *Janvier* 1916

M. **D. B. Dott** : *La permanence de l'encre à écrire.* Beaucoup d'écritures à l'encre se décolorent à l'air et à la lumière. Pour étudier ce phénomène, l'auteur a remplacé l'action lente de l'air par celle, plus rapide et qui s'en rapproche beaucoup au point de vue chimique, d'une solution à 3 % de H^2O^2. Celle-ci décolore rapidement toutes les encres au tannate de fer, à l'indigo et au bleu d'aniline. L'encre violette des machines à écrire lui résiste, mais est décolorée par SO^2. Seules les encres renfermant du carbone en suspension ne sont pas décolorées par ces deux agents.

Séance du 15 *Mars* 1916

M. **S. A. Kay** et Mlle **S. H. Newlands**: *Détermination de la dureté des eaux naturelles, et emploi du rouge méthyle comme indicateur.* La détermination de la conductivité de l'eau donne d'abord une indication de la *dureté totale* probable. La dureté au bicarbonate est ensuite déterminée en titrant 100 cm^3 d'eau avec HCl N/50, en employant le rouge méthyle comme indicateur. La différence entre la dureté totale, déduite de la conductivité, et la dureté au bicarbonate donne une estimation approximative de la *dureté permanente.* Pour déterminer plus exactement la dureté permanente, on peut employer la méthode de Hehner, mais en évaporant l'eau avec du carbonate de K et en extrayant le carbonate de K du résidu avec de l'alcool dilué. Le chiffre obtenu, augmenté de la dureté au bicarbonate, donne la dureté totale exacte. *Détermination du calcium et du magnésium dans les eaux naturelles.* On détermine la dureté totale de l'eau par une des méthodes précédentes. Puis on détermine la dureté due aux sels de calcium en évaporant l'eau avec le carbonate d'Am; le résidu, consistant en carbonates de Ca et de Mg avec un peu de sulfate ou de chlorure d'Am équivalent à la dureté permanente de l'eau, est extrait avec une solution de carbonate d'Am qui dissout le carbonate de Mg, mais est pratiquement sans action sur le carbonate de Ca; on détermine alors ce dernier. Le carbonate de Mg se déduit par différence.

Section de Nottingham

Séance du 22 *Mars* 1916

MM. **H. R. Procter** et **D. Burton** : *Le gonflement des tissus gélatineux.* Les auteurs ont étudié l'équilibre qui se produit dans le gonflement des tissus gélatineux plongés dans une solution acide ou alcaline. Si x est la concentration de l'acide ou de l'alcali ionisé dans la solution extérieure, z la concentration de l'ion acide ou

alcalin dans le sel formé avec la gélatine, e l'excès de concentration des ions diffusibles dans la gelée sur ceux de la solution externe, V le volume de la gelée en cm^3, on a :

$$e = C(V - 0,7) = -2x + \sqrt{4x^2 + z^2}$$

La variable e est une mesure directe du gonflement; comme z a une valeur maximum limite, e peut être représentée par une courbe qui augmente jusqu'à un maximum, puis décroît pour se rapprocher de o. La valeur de C dépend en grande partie de la température. Les auteurs appliquent cette formule et les conséquences qui en découlent aux différentes opérations du tannage. — M. S. G. **Sastry** : *Etude des propriétés de quelques hydrocarbures chlorés.* L'auteur a soumis le tétrachloréthane à l'action de quelques réactifs alcalins : acétate de Na, NaOH solide, KOH aqueuse ou alcoolique, éthoxyde de Na. Le produit principal de la réaction, qui est quelquefois violente, est toujours le trichloréthylène ; avec l'éthoxyde de Na, le rendement est quantitatif. Les mêmes expériences, effectuées avec le pentachloréthane, ont donné comme produit principal le perchloroéthylène. Le *s*-dichloroéthylène n'est pas attaqué par les alcalis caustiques, sauf KOH alcoolique qui fournit du chloracétylène.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 29 Janvier 1916

1° Sciences mathématiques. — M. J. **Cardinal** : *Communication concernant un manuscrit trouvé dans la succession de feu le Dr P. H. Schoute.* Parmi les papiers laissés par ce savant se trouve un travail presque achevé sur les polytopes ; ce travail sera publié et constituera la cinquième partie de l'œuvre que le savant avait espéré pouvoir terminer avant sa mort. — M. **Hendrik de Vries** : *Les cercles qui coupent orthogonalement une courbe plane.* I. Suite du travail de l'auteur sur l'application de la cyclographie à la théorie des courbes planes. — M. **Jan de Vries** : *Nombres caractéristiques de réseaux de surfaces algébriques.* — M. **Jan de Vries** : *Courbes tangentes à un faisceau de courbes cubiques rationnelles.*

2° Sciences physiques. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono-, et divariants.* VI. Rapports entre les diagrammes des concentrations et les graphiques p, T. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de M. **A. Smits** : *Les diagrammes p, x de systèmes unaires, d'après la théorie de l'allotropie.* Dans le cas d'allotropie, chaque complexe de phases est constitué par au moins deux espèces de molécules, entre lesquelles il y a équilibre interne lorsque le système se comporte comme un système unaire. Une substance allotropique est donc un pseudosystème dont les diverses espèces de molécules, les pseudo-composantes, sont plus ou moins miscibles à l'état solide. La représentation dans l'espace p, T, x des états d'équilibre d'un pareil système se compose d'une série de surfaces d'équilibre. L'auteur examine les sections T = *constante* de ces surfaces. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de M. **J. D. van der Waals** jr. et Mlle **A. Snethlage** : *Sur la théorie du mouvement brownien.* Examen de la cause de la différence entre les deux formules de von Smoluchowski, d'après l'une desquelles le carré moyen de l'écart d'une particule en suspension serait inversement proportionnel au carré du rayon de la particule, tandis que, d'après l'autre, il serait inversement proportionnel à la première puissance. Les auteurs sont d'avis que c'est la première formule qui s'applique dans tous les cas au mouvement brownien. — MM. H. A. Lorentz et F. A. H. Schreinemakers présentent deux travaux de M. **J. J. van Laar** : *Sur l'additivité des valeurs des constantes b et $\sqrt{a}$ de l'équation caractéristique et sur le rapport entre les valeurs de ces grandeurs pour divers éléments et le système périodique.* Tout comme les valeurs de b, celles de $\sqrt{a}$ se déduisent additivement d'un petit nombre de valeurs fondamentales, relatives chacune à un groupe du système périodique. *Sur l'inexactitude de la « règle des valences » de Mathews.* — MM. **H. Haga** et **F. M. Jaeger** : *La symétrie des rontgénogrammes de cristaux monocliniques.* Ici encore les images offrent une symétrie qui s'accorde parfaitement avec les conséquences de la théorie du phénomène de diffraction. — MM. P. Zeeman et H. A. Lorentz présentent un travail de M. **T. van Lohuyzen** : *Sur le rapport entre le phénomène de Zeeman et l'effet de la pression dans le spectre du nickel.* Il résulte immédiatement de l'inspection des données qu'il n'y a pas de rapport direct entre les deux effets. Peut-être découvrira-t-on certains rapports en considérant des groupes de raies. — MM. H. A. Lorentz et H. Kamerlingh Onnes présentent un travail de M. **G. J. Elias** : *Sur l'influence de courants alternatifs d'intensité décroissante sur l'aimantation du fer.* On admet généralement que le fer aimanté se désaimante dans un champ magnétique oscillant dont l'intensité décroît jusqu'à zéro. L'auteur fait l'étude théorique du phénomène en se plaçant au point de vue des idées de Weiss. — MM. **W. H. Keesom** et **H. Kamerlingh Onnes** : *La chaleur spécifique aux basses températures. III. Mesures concernant la chaleur spécifique de l'azote solide entre 14° K et le point triple et celle de l'azote liquide entre le point triple et le point d'ébullition.* — MM. W. H. Julius et J. P. van der Stok présentent un travail de M. **Balth. van der Pol Jr.** : *L'allure des courants dans des circuits soumis à une influence mutuelle après ouverture ou fermeture du circuit primaire.* Extension du problème de l'induction réciproque dans deux circuits. — MM. A. F. Holleman et F. M. Jaeger présentent un travail de M. **A. H. W. Aten** : *Sur la pulvérisation cathodique dans l'électrolyse.* Dans des solutions alcalines, neutres ou acides, une cathode en plomb se pulvérise lorsque la densité du courant dépasse une certaine valeur. Il se peut que dans tous les cas cette pulvérisation soit la conséquence d'un dégagement primaire d'hydrogène, mais il y a lieu d'admettre que, dans des solutions de sels de sodium et de potassium, la formation d'un alliage de ces métaux avec le plomb intervient dans le phénomène. — MM. Ernest Cohen et P. van Romburgh présentent un travail de M. **Nibratan Dhar** : *Sur la catalyse.* II. Etude de la catalyse photo-chimique. Nombre d'actions chimiques sont notablement accélérées par l'action de la lumière. — MM. G. A. F. Molengraaff et F. M. Jaeger présentent quatre notes de M. **A. L. W. E. van der Veen** : *Surfaces de glissement dans le mica.* Phénomènes de glissement observés dans des rondelles de mica découpées à l'emporte-pièce dans des lames. — *Sur le 1-hydroxy-2-benzoylcamphre.* Description des cristaux de cette substance. — *Sur l'angle d'extinction de cristaux rhombiques.* — *Formes énantiomorphes.* — MM. J. P. van der Stok et H. Haga présentent un travail de M. **P. H. Gallé** : *Sur le rapport entre les changements dans les vents alisés de l'Océan Atlantique nord pendant l'été et la température hivernale en Europe.* Un examen précédent avait montré l'influence de l'intensité des vents alisés de l'Atlantique nord sur quelques phénomènes hydrographiques des mers septentrionales de l'Europe (voir séance du 27 févr. 1915). L'effet succédait à la cause au bout de trois mois environ. Partant de là, l'auteur a pensé qu'il devait y avoir un rapport entre les vents alisés durant l'été et la température pendant l'hiver. Ce rapport semble exister effectivement et aurait permis de prévoir pour cet hiver une température plus élevée que la moyenne dans l'Europe moyenne et plus basse que la moyenne dans l'Europe septentrionale; cette prévision semble être confirmée par les observations.

3° Sciences naturelles. — M. J. F. **van Bemmelen** : *Sur la signification phylogénétique des dessins colorés sur les ailes des Hépialides.* Dans les variations du dessin coloré sur les ailes des divers genres d'Hépialides, il existe un parallélisme, que l'auteur considère comme une preuve que ces variations sont

antérieures à la séparation de cette famille de papillons en genres. — M. **G. C. J. Vosmaer** : *Sur l'existence de desmes et de desmoïdes chez l'Hymeniacidon sanguinea.* — MM. C. Winkler et G. van Rynberk présentent un travail de M. **H. A. Vermeulen** : *Sur le nerf sympathique des animaux domestiques.* — MM. **J. Boeke** et **G. C. Heringa** : *Sur les rapports entre les terminaisons nerveuses et les éléments des tissus qui les entourent.* — MM. J. K. A. Wertheim Salomonson et G. van Rynberk présentent un travail de M. **C. Otto Roelofs** : *Sur le fonctionnement du muscle oblique supérieur de l'œil.* — MM. **M. W. Beyerinck** et **T. Folpmers** : *Formation d'acide pyruvique aux dépens d'acide malique par des bactéries.* Plusieurs espèces de bactéries occasionnent cette transformation : les plus actives sont les bactéries fluorescentes. — MM. C. Winkler et H. Zwaardemaker présentent un travail de M. **F. Roels** : *L'inhibition provenant d'une fausse reconnaissance.* Un souvenir fautif d'un stimulant exerce sur sa reconnaissance dans la suite une inhibition, qui se traduit par une impression de nouveauté du stimulant faussement reconnu. — MM. G. A. F. Molengraaff et K. Martin présentent un travail de M. **W. C. Klein** : *Une faune de trilobites probablement dévonienne aux Indes Néerlandaises près de Kaloué* (section de Tamiang, Atchin du S. E.). — MM. J. W. Moll et G. A. F. Molengraaff présentent un travail de Mlle **E. C. Fijan** : *Quelques Ostracodes néo-pliocènes de Timor.* J.-E. V.

Séance du 26 Février 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **Hendrik de Vries** : *Les cercles qui coupent orthogonalement une courbe plane.* II. — M. **Jan de Vries** : *Un système simple infini de courbes cubiques gauches.* — M. **Jan de Vries** : *Sur la nature de la surface limite dans les transformations multiples dans l'espace.* — MM. J.-C. Kluyver et W. Kapteyn présentent un travail de M. **J. G. van der Corput** : *Sur les valeurs que prend la fonction $\zeta(s)$ de Riemann pour s positif et impair.* Déduction de quelques formules pouvant servir au calcul de la fonction $\zeta(s)$ pour des valeurs impaires, supérieures à 1, de l'argument s.

2° Sciences physiques. — M. **H. E. J. G. du Bois** : *Sur certaines courbes planes à quatre feuilles et leur importance en électromagnétisme.* Dans l'examen de la question de la forme la plus avantageuse de la section méridienne de bobines destinées à produire des champs magnétiques intenses, on est conduit à étudier des courbes, dont l'équation en coordonnées polaires est $\rho^q = p^q \sin^m \omega \cos^n \omega$. — M. **H. A. Lorentz** : *Sur la théorie de la gravitation d'Einstein.* En développant une idée d'Einstein, Hilbert a montré que la théorie de la gravitation se simplifiait par l'introduction d'un théorème de variation, qui peut être considéré comme la généralisation du principe d'Hamilton. Dans ce travail-ci, l'auteur montre le profit qu'on peut tirer d'une représentation géométrique à quatre dimensions, et indique quelle est, dans cette représentation, la grandeur H, dont il est question dans le théorème de variation, et qu'il appelle la fonction principale. — MM. H. A. Lorentz et H. Haga présentent un travail de MM. **L. S. Ornstein** et **F. Zernike** : *Contributions à la théorie cinétique de l'état solide.* I. Déduction, par une nouvelle voie, de l'équation d'état d'un solide, à l'aide des principes physiques établis par Debye. — MM. H.-A. Lorentz et H. Haga présentent un travail de M. **Zernike** : *Sur l'accumulation des molécules dans l'état critique et l'extinction de lumière qui en résulte.* Ce problème important, posé en 1904 par Smoluchowski, l'auteur croit l'avoir définitivement résolu maintenant, en partant de la théorie des électrons. — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et divariants.* VII. Examen de quelques propriétés générales. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de Mlle **A. Snethlage** : *Sur le mouvement brownien dans les gaz.* Déduction de l'écart moyen d'une particule, en tenant compte de la loi de distribution des vitesses de Maxwell. — MM. **H. Haga** et **F. M. Jaeger** : *La symétrie des röntgénogrammes de cristaux tétragonaux.* Examen du degré de symétrie des images de diffraction pour six des sept classes du système tétragonal. Dans tous les cas, il y a accord entre la théorie et l'expérience, sauf pour la scheelite et la wulfénite, qui probablement ont une structure anormale, par formation de mâcles. — MM. **F. M. Jaeger** et **H. Haga** : *Sur les röntgénogrammes de cristaux isomorphes.* En principe, il y a une grande analogie entre les images fournies par des cristaux isomorphes, de sorte que l'hypothèse que la structure cristalline est la même et qu'il n'y a de différence que dans la substitution d'une espèce d'atomes par une espèce voisine semble confirmée. — M. **P. Zeeman** : *Une méthode optique pour déterminer le rapport entre la vitesse moyenne et la vitesse maximum dans le mouvement turbulent de liquides dans un tube cylindrique. Contribution à l'expérience de Fizeau.* Au moyen d'un miroir tournant, l'auteur mesure la vitesse de déplacement de bulles d'air insufflées dans l'eau ; pour le rapport entre la vitesse moyenne et la vitesse maximum, il trouve 0,843. Ces expériences prouvent que les différences de phases mesurées sont d'accord, en valeur absolue, avec la théorie de Lorentz. — M. **Ernst Cohen** : *La métastabilité des éléments et de leurs combinaisons comme conséquence de l'énantiotropie ou de la monotropie et son importance pour la Chimie, la Physique et les sciences techniques.* III. Modifications de l'anhydride silicique. — MM. J. D. van der Waals et P. Zeeman présentent un travail de MM. **A. Smits** et **A. H. W. Aten** : *L'application de la théorie de l'allotropie aux équilibres électromoteurs.* III. Indication de nouveaux points de vue auxquels conduit l'hypothèse d'un équilibre d'ionisation dans un métal passif. — MM. A. F. Holleman et J. D. van der Waals présentent un travail de M. **F. E. C. Scheffer** : *Sur l'allotropie des sels haloïdes d'ammonium.* II. Détermination de la chaleur de transformation du chlorure d'ammonium et de sa tension de vapeur. — MM. A. F. Holleman et F. M. Jaeger présentent un travail de M. **A. L. W. E. van der Veen** : *Sur la cristallisation de l'iodure mercureux.* Cette substance se présente sous deux modifications, l'une jaune, l'autre rouge ; la première est métastable à la température ordinaire et se transforme dans la seconde lorsqu'on la touche avec la pointe d'une aiguille. — MM. J. Boeseken et F. M. Jaeger présentent un travail de M. **P. E. Verkade** : *L'acide glutaconique.* II. La formule symétrique de Thorpe est une interprétation convenable des propriétés de cet acide.

3° Sciences naturelles. — M. **C. Winkler** : *Sur le cerveau des cyclopes et de monstres voisins.* Ce cerveau est constitué de deux hémisphères soudés dans la partie frontale. — MM. C. Winkler et L. Bolk présentent un travail de M. **D. J. Hulshoff Pol** : *La fissure pithécienne chez des embryons de Semnopithèques.* Cette fissure se forme pendant la vie fœtale, après que se sont formés les autres sillons principaux. — MM. C. Winkler et J. Boeke présentent un travail de M. **J. J. L. D. baron van Hoëvell** : *Les noyaux du cervelet.* Examen anatomique comparé se rapportant surtout à quelques Vertébrés inférieurs et à des Oiseaux. En comparant les *nuclei cerebelli* des Mammifères avec ce qu'on observe chez les Vertébrés inférieurs, on voit comment les noyaux cérébellaires beaucoup plus différenciés des premiers sont issus par développement des formes plus élémentaires. — MM. **C. Eykman** et **C. J. C. van Hoogenhuyze** : *L'influence de la nourriture et du manque de nourriture sur la genèse de la polynévrite des Gallinacés.* Expériences confirmant que le manque absolu de nourriture chez les Gallinacés peut entraîner la polynévrite, par suite du manque de vitamines ; l'administration de ces substances rétablit l'animal.

J. E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE · N° 12 · 30 JUIN 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Paul Lemoult. — Paul Lemoult, professeur de Chimie générale à la Faculté des Sciences de Lille, qui, depuis l'année dernière, avait été appelé aux fonctions d'ingénieur en chef de l'Usine de Produits chimiques de La Pallice, est mort le 1er mai dans l'explosion qui a anéanti cet important établissement, alors qu'il dirigeait au premier rang la lutte contre l'incendie qui venait de s'y déclarer.

Né le 5 janvier 1871 à Romeries (Nord), Lemoult avait fait ses études au Lycée de Poitiers, puis à l'Ecole Normale supérieure, d'où il sortit agrégé des Sciences physiques en 1894, et il se perfectionna au Laboratoire de Berthelot, au Collège de France. Après un passage de quelques années dans l'industrie des matières colorantes, il fut nommé en 1902 maître de Conférences à la Faculté des Sciences de Lille, puis, à la mort de Willm, professeur titulaire et directeur de l'Institut de Chimie.

Les premières recherches de Lemoult, dont une partie fit l'objet de sa thèse, avaient porté sur les composés cyaniques (acide cyanurique, ses sels et ses dérivés; cyanamide et ses dérivés, etc.). De son séjour dans l'industrie datent des travaux sur la préparation de matières colorantes nouvelles; il en étudia les spectres d'absorption et leurs rapports avec la constitution chimique, en mettant en évidence la loi des groupements auxochromes. A Lille, il entreprit ensuite une série de mesures étendues sur les chaleurs de combustion des composés organiques, et établit des formules théoriques permettant de calculer ces dernières en partant des formules de constitution ; il a exposé ici même les résultats généraux de cet ensemble de recherches (t. XIX, p. 137 et suiv.).

Placé au centre d'une des plus importantes régions industrielles de la France, Lemoult s'était préoccupé des services que la science, la Chimie en particulier, pouvait rendre aux industries qui l'environnaient. Il avait dirigé plusieurs de ses recherches dans ce sens, entre autres celles sur la détermination rapide des pouvoirs calorifiques des gaz combustibles; il avait accepté la direction de l'Ecole de Commerce du Nord et il avait acquis une autorité légitime parmi les manufacturiers de la région, qui faisaient souvent appel à ses lumières.

Il avait accepté de rédiger pour nos lecteurs une « Revue de Chimie organique appliquée », dont la première (t. XXII, p. 571 et suiv.) fut vivement appréciée et à laquelle il se préparait à donner une suite lorsque la guerre éclata.

Sa mort tragique et prématurée laisse d'unanimes regrets, car Lemoult n'avait pas encore donné toute sa mesure et, en particulier, dans l'ère de progrès des industries chimiques qui suivra la guerre, il aurait rendu de très grands services.

§ 2. — Physique

Les constantes de la radioactivité. — Deux années se sont écoulées depuis la publication, dans *Le Radium*, des derniers tableaux relatifs aux constantes de la radioactivité, dressés par Kolowrat. Les nombreuses déterminations effectuées depuis lors nécessitaient une revision des principales données, qui vient d'être faite par M. Gerald L. Vendt[1].

Dans le Tableau ci-joint (p. 358), le système de nomenclature actuellement en cours a été conservé; il est probablement encore trop tôt pour en imaginer un qui soit complètement satisfaisant. Depuis la simplification introduite par Rutherford et Geiger, la découverte d'une ramification aux trois termes C de la série de désintégration a encore apporté une confusion. Il semble que le terme : thorium C_2, devrait être remplacé par thorium C′, comme l'a fait Soddy, pour correspondre au radium C′ et à l'actinium C′, et pour rappeler l'analogie frappante entre les trois produits à vie très courte des termes C. Le radium C_2 demeure actuellement l'analogue du thorium D et de l'actinium D.

Les éléments radioactifs actuellement connus sont au nombre de 36. Varder et Marsden ont confirmé l'existence de l'actinium C′, précédemment observé par Marsden et

1. *The Physical Review* (2), t. VII, p. 389 : mars 1916.

Tableau I. — Constantes radioactives.

SUBSTANCES	λ (Sec.$^{-1}$)	P	Groupe chimique.	Rayons	$R_{15°}$ (Cms)	μ_β(Al) (Cm^{-1})	μ_γ(Al) (Cm.$^{-1}$)
Uranium 1	$4,10 \cdot 10^{-18}$	$5 \cdot 10^9$ a.	6	α	2,50		
Uranium X_1	$3,3 \cdot 10^{-7}$	24,6 j.	4	β		510	24; 0,70; 0,140
Uranium X_2	0,01	1,15 min.	5	β		14,4	
Uranium 2	$1,1 \cdot 10^{-14}$	$2 \cdot 10^6$ a.?	6	α	2,90		
Uranium Y	$7,5 \cdot 10^{-6}$	25,5 h.	4	β		300	
Ionium	$2,2 \cdot 10^{-13}$	10^5 a.	4	α	3,11		
Radium	$1,26 \cdot 10^{-11}$	1730 a.	2	$\alpha\beta$	3,30	200	354; 16; 0,27
Ra Emanation	$2,085 \cdot 10^{-6}$	3,85 j.	0	α	4,16		
Radium A	$3,85 \cdot 10^{-3}$	3,0 min.	6	α	4,75		
Radium B	$4,33 \cdot 10^{-4}$	26,7 min.	4	β		75	230; 40; 0,51
Radium C_1	$5,93 \cdot 10^{-4}$	19,5 min.	5	$\alpha\beta$		13,5	0,115
Radium C_2	$8,3 \cdot 10^{-3}$	1,4 min.	3	β			
Radium C'	$7 \cdot 10^{-5}$	10^{-6} sec.?	6	α	6,94		
Radium D	$1,39 \cdot 10^{-9}$	15,83 a.	4	β		130	45; 0,99
Radium E	$1,66 \cdot 10^{-6}$	4,85 j.	5	β		43,3	comme RaD
Polonium (RaF)	$5,90 \cdot 10^{-8}$	136 j.	6	$\alpha\beta$?	3,84		585
Thorium	$1,2 \cdot 10^{-18}$	$1,5 \cdot 10^{10}$ a.	4	α	2,72		
Mesothorium 1	$4,0 \cdot 10^{-9}$	5,5 a.	2				
Mesothorium 2	$3,1 \cdot 10^{-5}$	6,2 h.	3	β		30	26; 0,116
Radiothorium	$1,09 \cdot 10^{-8}$	2,02 a.	4	α	3,87		
Thorium X	$2,20 \cdot 10^{-6}$	3,64 j.	2	α	4,30		
Th. Emanation	0,0128	54 sec.	0	α	5,00		
Thorium A	5,0	0,14 sec.	6	α	5,70		
Thorium B	$1,8 \cdot 10^{-5}$	10,6 h.	4	β		110	160; 32; 0,36
Thorium C_1	$1,9 \cdot 10^{-4}$	60 min.	5	$\alpha\beta$	4,80	16,3	
Thorium D	$3,7 \cdot 10^{-3}$	3,1 min.	3	β			0,096
Thorium C'	$7 \cdot 10^{-10}$	10^{-11} sec.?	6	α	8,60		
Actinium	$1 \cdot 10^{-10}$	200 a?	3	α?	3,56		
Radioactinium	$4,25 \cdot 10^{-7}$	18,88 j.	4	$\alpha\beta$	4,2	170	25; 0,190
[Radioactinium']?	$3,2 \cdot 10^{-6}$?	60 h.?	?	α?	4,61		
Actinium X	$7,6 \cdot 10^{-7}$	11,4 j.	2	α	4,26		
Act. Emanation	0,18	3,9 sec.	0	α	5,57		
Actinium A	350	0,002 sec.	6	α	6,27		
Actinium B	$3,2 \cdot 10^{-4}$	36,1 min.	4	β		doux	120; 31; 0,45
Actinium C_1	$5,37 \cdot 10^{-3}$	2,15 min.	5	$\alpha\beta$?	5,15		
Actinium D	$2,26 \cdot 10^{-3}$	4,71 min.	3	β		28,5	0,198
Actinium C'	700	0,001 sec.	6	α	6,45		

Wilson, par Marsden et Perkins et signalé dans le travail de Mlle Blanquies. Les séries de désintégration des trois émanations sont donc analogues jusqu'aux termes D. La découverte d'Antonoff d'un uranium Y a été plusieurs fois confirmée; il est cependant difficile d'assigner à cet élément une place dans la série des désintégrations; il est, suivant l'expression suggérée par Soddy, *isotope* de l'uranium X_1 et de l'ionium, et dérive soit de l'uranium 1, soit de l'uranium 2 par une émission de rayons α; ces deux origines sont anormales, puisqu'elles nécessitent qu'un élément subisse deux désintégrations différentes de rayons α. L'origine de l'actinium est une énigme encore plus grande, que n'ont pas résolue les travaux de Fajans, Soddy, et Russell.

Ce qui suit paraît aujourd'hui bien établi. On met dans la classification des éléments à vie courte : UX_2, Ra C_2, Act. D, Th D, et les trois termes C'. Les propriétés chimiques des autres sont tirées des recherches de Hevesy, Hevesy et Paneth, Fleck, Mc Coy et Viol, Metzener, et Klemensiewicz. Les éléments des trois séries qui appartiennent au même groupe chimique et se trouvent dans la série du même côté que les émanations sont *isotopes*. De nombreuses déterminations du poids atomique du plomb d'origine radioactive ont montré qu'en dépit de différences réelles dans le poids atomique, les éléments isotopes sont chimiquement et spectroscopiquement inséparables. Hönigschmid et Horowitz ont préparé probablement du radium G pur, d'un poids atomique égal à 206, 04, qu'on peut comparer à la valeur 207,18 relative au plomb ordinaire. Ceci fait apparaître le radium G comme le produit final de la série de l'uranium et justifie l'hypothèse que l'émission d'un rayon α résulte de la perte de quatre unités dans le poids atomique.

La différence entre les valeurs obtenues par Hönigschmid pour le radium (225,97) et le radium G est exactement égale à cinq fois le poids de l'atome d'hélium. Cependant les liens de génération entre les éléments radioactifs et le plomb ordinaire sont obscurs. Rutherford et Andrade trouvent que les nombres atomiques du radium B et du plomb sont les mêmes, tandis qu'un récent travail de Richards et Wadsworth montre que les volumes atomiques du radium G et du plomb sont les mêmes. Recherchant le produit final du thorium, Soddy et Hyman trouvent que le plomb issu des minerais de thorium présente un poids atomique anormalement élevé, comme si le thorium E était stable et isotope du plomb. Hönigschmid et Horowitz n'ont pas constaté ce phénomène, et Holmes et Lawson n'ont pu déterminer aucune relation entre les contenus de plomb et de thorium de minéraux anciens. Mlle Meitner a montré que le bismuth pur n'est pas radioactif et n'est donc pas dérivé du plomb par émission de rayons β, comme cela avait été suggéré par Fajans et Torvara.

De nouvelles déterminations des parcours des éléments de l'actinium par Meyer, Hess et Paneth, ont fourni une vérification excellente de la règle de Geiger et de Nuttall. Les éléments pour lesquels les données actuelles ne s'accordent pas avec cette règle sont l'actinium A, le thorium et l'ionium. La règle a été utilisée dans le tablean

ci-joint pour l'évaluation des périodes de l'uranium 2, de l'actinium et des termes C'.

Les valeurs de la constante de transformation λ, de la période P et du parcours R, qui sont différentes de celles portées dans le Tableau de Kolowrat, sont extraites des travaux : de Soddy et Mlle Hitchins pour l'ionium, de Meyer, Hess et Paneth pour l'ionium, le polonium et la série de l'actinium ; de Hahn et Mlle Meitner pour l'uranium Y ; de Thaller pour le radium D et E, de Mlle Heimann pour le thorium ; de Mc Coy et Leman pour le radioactinium. Les coefficients d'absorption des rayons μ^{α} dans l'aluminium, γ, ont dû subir une correction seulement dans le cas du radioactinium ; ceux relatifs aux rayons μ^{β}, μ^{γ}, n'ont pas varié.

Entre ces différentes constantes, on admet les relations suivantes :

(1) $$\lambda . P = \text{Log } 2 = 0{,}69315 ;$$

(2) $$\log P = A + B \log R,$$

A et B étant des constantes pour chaque série ;

(3) $$\frac{R_{T_1 P_1}}{T_1 P_1} = \frac{R_{T_2 P_2}}{T_2 P_2},$$

où T est la température absolue et P la pression ;

(4) $$V^3 = a R,$$

où V est la vitesse des rayons α et a une constante. Pour Ra C', $V = 1{,}922 \times 10^9$ cm/sec ;

(5) $$Q = k \, R^{2/3},$$

où Q est l'ionisation totale due aux rayons α et k une constante ;

(6) $$\nu^{\gamma} = C \mu_{\gamma}^{2/3}$$

où ν^{γ} est la fréquence d'un rayon γ, et C une constante. Pour les rayons γ pénétrants du Ra B, la longueur d'onde est $1{,}64 \times 10^9$ cm.

Recherches sur la transmission, la réflexion et l'absorption du son. — M. Watson[1] a étudié expérimentalement la transmission du son à travers des écrans de différentes substances : il compare l'intensité transmise à celle que l'on observe lorsque l'écran est enlevé. Un sifflet actionné par de l'air à pression constante est monté sur un réflecteur parabolique qui dirige le son, à travers l'ouverture d'une porte, dans une pièce adjacente où l'intensité est mesurée par un résonateur du type de ceux étudiés par Lord Rayleigh. En inclinant le réflecteur parabolique, le son frappe obliquement l'écran, se réfléchit, et l'on peut mesurer l'intensité du son réfléchi au moyen du résonateur.

En opérant sur des écrans constitués par plusieurs couches de substance, on constate que l'intensité transmise décroît en progression géométrique lorsque l'épaisseur augmente suivant une progression arithmétique. Les intensités réfléchies et absorbées augmentent au contraire avec l'épaisseur.

Les recherches précédentes établissent que la transmission d'un son de hauteur constante dépend d'au moins trois propriétés de la substance de l'écran utilisé : sa porosité, sa densité et son élasticité. Les corps poreux transmettent le son sensiblement dans le même rapport qu'ils transmettent l'air. Toutes autres choses égales, l'absorption, pour deux substances différentes, est proportionnelle à la densité. Enfin, un corps élastique peut transmettre le son s'il est susceptible de vibrer à l'unisson de la source sonore.

Lorsqu'on fait varier la hauteur du son, on constate que les parois poreuses et les parois élastiques réfléchissent les sons aigus plus fortement que les sons graves.

1. *Physical Review*, t. VII, p. 125 ; janvier 1916.

§ 3. — Chimie physique

Préparation du carbone colloïdal. — M. Lesley Thorne[1], après avoir étudié les différentes méthodes qui ont été proposées pour la préparation du carbone colloïdal, s'arrête aux deux suivantes :

1° Après avoir ajouté progressivement du sucre en poudre très fine à de l'acide sulfurique concentré, à raison de 1 gr. de sucre par 10 cm³ d'acide, on laisse reposer 25 heures et on verse dans un volume d'eau quatre fois plus grand. On filtre pour arrêter les grosses particules ; la couleur du liquide obtenu varie du jaune au brun rougeâtre. On enlève l'acide sulfurique par dialyse à travers du papier parchemin. On obtient ainsi une solution colloïdale, dont on distingue les particules à l'ultra-microscope ; ces particules, dans un champ électrique, se meuvent vers l'anode ; elle sont donc chargées négativement. L'addition de faibles quantités d'électrolytes détermine la formation d'un nuage qui se rassemble finalement au fond du vase sous forme d'une poudre brune.

Dans ces expériences — qui ont pu être reprises avec des déshydratants autres que l'acide sulfurique — on obtient évidemment une suspension de particules de carbone. Mais il se produit également des produits complexes de décomposition du sucre qui compliquent les apparences observées et dont la présence se révèle par l'odeur du caramel qui se dégage pendant la déshydratation.

2° Si l'on fait passer un courant électrique (de 0,4 à 4 amp. sous 200 volts) à travers une solution de soude (2 à 3 gr. par litre), l'une des électrodes de charbon étant immergée dans la solution et l'autre étant amenée au contact de la surface, on constate que la liqueur devient sombre par suite de la désintégration des électrodes. Les particules passent en grande partie à la filtration et demeurent en suspension pendant plusieurs mois si on a soin de diluer la solution ; sinon elles se déposent lentement. La désintégration des électrodes est le plus notable lorsque le pôle positif est au contact de la surface du liquide, avec une densité élevée du courant en ce point.

Les solutions obtenues précipitent complètement par dialyse à travers une feuille de parchemin, si l'alcali est entièrement enlevé ; il faut donc arrêter la dialyse lorsqu'il reste une quantité suffisante d'alcali pour assurer la stabilité de la solution. La liqueur présente un cône de Tyndall très net et paraît noire sans une épaisseur dépassant quelques millimètres ; en couches très minces, elle prend une teinte brune. Au microscope on ne distingue aucune particule ; on en voit, au contraire, un grand nombre à l'ultramicroscope, et elles sont animées d'un mouvement brownien énergique, d'où l'on doit conclure que les particules sont d'un ordre de grandeur analogue à celui des particules colloïdales métalliques usuelles. Ces particules, observées dans un champ électrique, se déplacent vers l'anode ; elles sont donc chargées négativement.

Ces suspensions de carbone sont particulièrement sensibles aux électrolytes ; aussi, quand on utilise pour leur préparation de l'eau ordinaire, voit-on les particules se précipiter au fur et à mesure de leur apparition.

Après dépôt et lavage des particules, l'analyse a indiqué la composition moyenne suivante pour °/₀ :

carbone :	66,61
hydrogène :	1,99
résidu :	15,25
	83,85
différence :	16,15
	100.00

Le « résidu » n'est pas altéré, même par un chauffage au rouge dans l'oxygène pur, et il semble être formé

1. *Journal of the Chemical Society*, mars 1916, p. 202.

principalement de silice, avec des traces de fer; il doit provenir des impuretés du carbone utilisé pour la production de l'arc. La « différence » est sans doute due à de l'oxygène et est l'indice d'une oxydation notable se produisant pendant la désintégration des électrodes ou de l'existence de composés organiques (peut-être hydrates de carbone); il semble d'ailleurs que la présence d'une substance organique soit nécessaire à la stabilité de ces pseudo-solutions.

§ 4. — Chimie industrielle

Protection électrolytique des miroirs argentés. — L'ancien procédé de fabrication des miroirs, l'étamage au mercure, était une opération longue, onéreuse et insalubre; aussi l'a-t-on presque partout remplacé par l'argenture. Cependant, cette dernière méthode n'est pas sans défaut : la pellicule infiniment mince déposée par réduction d'une solution de nitrate d'argent n'est pas aussi blanche, aussi brillante que l'amalgame d'étain, et sa solidité laisse à désirer; le moindre frottement l'arrache, et les émanations sulfureuses la ternissent. Ces inconvénients ne sont que très imparfaitement évités par l'application d'un vernis, qui d'ailleurs est souvent par lui-même une cause d'altération.

On avait bien songé, depuis longtemps, à remplacer cet enduit par un dépôt électrolytique; mais les essais tentés dans cette voie n'avaient abouti qu'à de médiocres résultats, dont l'irrégularité tenait surtout à l'extrême ténuité de la couche d'argent. En effet, dans la méthode électrolytique, c'est cette pellicule métallique qui constitue la cathode, et sa très faible section oppose au passage du courant une très grande résistance. Tant que l'on s'est borné à amener le courant à cette cathode par des contacts disposés seulement à la périphérie de la glace argentée, le dépôt électrolytique s'effectuait presque tout entier dans le voisinage immédiat de ces contacts, et son épaisseur diminuait rapidement, à partir des bords de la glace, de telle sorte que le centre restait à peu près sans protection.

Cette difficulté a été très habilement éludée par MM. Declère, Gresy et Pascalis, dont le procédé est actuellement appliqué, à Paris, par la Compagnie des Glaces de Saint-Gobain. Ce procédé, désigné du nom de *Silver protector* (brevet français n° 444.710), consiste à multiplier les prises de contact sur la cathode d'argent au moyen d'un certain nombre de rhéophores constitués par des peignes métalliques reliés par un câble souple au pôle négatif d'une source d'électricité à basse tension. Ces peignes sont formés de dents en laiton terminées par des gouttes d'étain, métal mou qui ne risque pas d'arracher l'argenture. Toute la partie immergée dans l'électrolyte est recouverte d'une couche isolante de paraffine, à l'exception de la surface d'étain qui doit porter sur la glace étamée.

Celle-ci, préalablement lavée avec soin, est déposée, face argentée en dessus, sur une claie, au fond d'une cuve reliée par une pompe à un réservoir contenant une solution de sulfate de cuivre. Le courant est emprunté à une dynamo pouvant fournir 5 volts aux bornes des électrodes. Les anodes sont constituées par des bandes de cuivre pur, intercalées entre les peignes. L'intensité, réglée par un rhéostat, est d'environ 30 ampères par mètre carré de miroir à cuivrer.

Pendant toute l'opération, la pompe fait circuler l'électrolyte du réservoir dans la cuve, et vice versa, de manière à maintenir l'homogénéité du bain et à entraîner les impuretés qui risqueraient d'adhérer à la cathode.

On comprend que, si les peignes restaient dans la même position depuis le début de l'opération jusqu'à la fin, les points de la pellicule d'argent en contact direct avec les rhéophores ne seraient pas cuivrés. Il est donc nécessaire, au bout de quelques minutes, de couper le courant de l'un des peignes, que l'on relève pour le déplacer d'environ 1 centimètre. On rétablit ensuite le courant, et l'on procède de même pour chacun des autres peignes. L'action électrolytique se trouve ainsi répartie sur toute la surface, et le dépôt de cuivre est très homogène.

L'opération est terminée en une vingtaine de minutes. La glace est alors relevée, lavée à grande eau et séchée.

Le *Silver protector* s'est montré, aux essais, parfaitement efficace. Des miroirs traités par ce procédé ont été exposés aux intempéries et aux émanations sulfureuses, dans les conditions les plus défavorables, et aucune altération appréciable n'a été observée. Ces essais ont même révélé un avantage assez inattendu de l'enduit électrolytique : le cuivrage pratiqué comme il vient d'être dit augmente sensiblement le pouvoir réflecteur de l'argenture qui, sous ce rapport, s'était montrée jusqu'ici nettement inférieure à l'amalgame d'étain.

E. C.

§ 5. — Biologie

Les résultats d'une campagne de destruction des sauterelles par la méthode biologique en Algérie. — Nos lecteurs connaissent la méthode préconisée par M. d'Hérelle pour lutter contre les invasions de sauterelles et qui consiste à les infecter par un bacille virulent, le *Coccobacillus acridiorum*, qui en provoque en général très rapidement la mort [1].

M. Béguet, attaché à l'Institut Pasteur d'Algérie, a employé cette méthode pour combattre, dans la région de Barika (département de Constantine), une invasion de sauterelles (*Schistocerca peregrina*) provenant du Soudan et qui pénétrèrent simultanément, en mars 1915, dans le sud du Maroc, de l'Algérie et de la Tunisie, par grandes colonnes parallèles se dirigeant vers le Nord.

Les résultats qu'il a obtenus [2], et qui viennent préciser très heureusement les observations antérieures sur l'application de la méthode biologique, ont été résumés comme suit par l'auteur :

1° On peut, par la pulvérisation sur les pâtures d'une culture virulente de *Coccobacillus acridiorum*, provoquer une épizootie dans les bandes de criquets de *Schistocerca peregrina* Ol.

Cette épizootie se manifeste au bout de 2 jours environ par l'apparition de malades en nombre variable présentant les symptômes suivants : *a*) diminution de l'agilité causée par une paralysie progressive, commençant par les pattes sauteuses; *b*) diarrhée abondante, noire, contenant le coccobacille.

A la fin du 2e jour, on peut déjà trouver des cadavres de ces criquets; il sourd de leur abdomen une goutte fécale noire caractéristique. Il est impossible de déterminer exactement le pourcentage des cas se terminant par la mort : *au laboratoire*, tous les criquets recueillis au moment de l'apparition de la goutte, ou même des premiers symptômes de paralysie, meurent en quelques heures; *dans la nature*, on ne peut qu'établir un pourcentage de mortalité d'après le nombre des cadavres visibles. Les bandes sont seulement décimées; la destruction ne peut être ni totale, ni rapide, même dans les meilleures conditions.

2° Les *Schistocerca peregrina* sont sensibles au coccobacille à tous les stades de leur évolution. L'inoculation donne sensiblement les mêmes symptômes chez le criquet que chez la sauterelle ailée. La mue n'arrête pas le développement de la maladie; l'accomplissement de la mue est rendu difficile par l'épuisement du sujet infecté. Ces conséquences de l'infection sur la mue ne sont pas nettement visibles pour les mues simples qui séparent les différents stades du criquet, mais au moment de la métamorphose, lorsque le criquet devient sauterelle, la maladie peut exercer une influence notable sur cette dernière transformation. Plusieurs cas peuvent se présenter :

a) Le criquet meurt avant de terminer sa mue;

1. *Rev. gén. des Sciences*, t. XXII, p. 556; t. XXIII, p. 215; t. XXVI, p. 626.
2. *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. XXX, n° 5, pp. 225-242; mai 1916.

b) La métamorphose étant effectuée trop lentement, le criquet est dévoré par ses voisins;

c) Le criquet n'ayant pas la force de se gonfler pour atteindre son nouveau volume, il reste après sa métamorphose à l'état de sauterelle atrophiée, toute ridée, avec des ailes plus ou moins déplissées, ou même quelquefois recroquevillées et incapables de servir au vol;

d) Enfin on a pu remarquer, dans les bandes infectées, un certain nombre de sauterelles d'apparence saine, mais atteintes d'aptérie et qui n'ont pas pu s'envoler avec les autres, le jour du départ de toute la bande.

3° Pour qu'une bande se contamine, il est indispensable que les pâtures soient dévorées *aussitôt* après leur souillure par le bouillon de culture. On ne peut tenter d'appliquer la méthode que lorsque les criquets mangent, c'est-à-dire lorsqu'ils ont au moins 10 jours. Le moment où la pulvérisation donne les meilleurs résultats immédiats est celui où les criquets mangent le plus, c'est-à-dire le 6e stade. Les meilleures pâtures sont les feuillages les plus tendres ou les plantes préférées des criquets dans chaque région, car elles sont dévorées entièrement. Il faut asperger ces pâtures quand les criquets y sont groupés en masses compactes, pour en contaminer d'emblée le plus grand nombre.

4° Une fois qu'une bande est contaminée, la propagation de l'infection se fait de criquet à criquet par le cannibalisme. Tout criquet malade est immédiatement dévoré par le suivant, dès qu'il ne peut plus s'échapper; mais les cadavres ne sont dévorés que s'ils sont très frais. Le cadavre d'un criquet mort éloigné des autres est destiné à sécher au soleil et n'infectera aucun criquet. Les meilleures conditions se trouveront donc réalisées dans une bande compacte.

5° Dans les conditions ordinaires, en l'absence de toute immunisation héréditaire ou accidentelle, l'épizootie dure tant que les criquets sont assez rapprochés les uns des autres pour que tout malade soit immédiatement dévoré par ses voisins. En général, quand les conditions ne sont pas trop défavorables et que la quantité de bouillon pulvérisée d'emblée a été proportionnelle à la surface couverte par les criquets (en moyenne 1 à 2 litres par hectare), l'épizootie peut durer jusqu'au vol de départ des jeunes sauterelles après la métamorphose. On ne sait ce qu'elle devient pendant la migration.

6° Les criquets continuent à dévaster les cultures même quand l'épizootie est fortement installée dans leurs bandes. La méthode biologique n'est donc pas un moyen de protection immédiate et il ne faut pas espérer arrêter par une aspersion des criquets sur le point d'envahir un champ. L'œuvre de destruction de l'épizootie à *Coccobacillus acridiorium* d'Hérelle est lente; mais, lorsque les conditions ordinaires sont réalisées, elle est progressive et régulière, et suffisamment importante pour être utilisée dans la pratique. En effet, si elle ne peut pas protéger les cultures voisines, elle peut être un élément appréciable de destruction générale des criquets en prévision des invasions consécutives.

M. Etienne Sergent, de l'Institut Pasteur d'Algérie, a eu également l'occasion d'expérimenter la méthode d'Hérelle dans une autre partie du même pays, aux environs de Sebdou, dans la vallée de la Haute Tafna (département d'Oran). Il a observé là un phénomène particulier[1], consistant en une infection épidémique autochtone due à la présence de deux virus différents, tous deux du même groupe microbien que le virus de d'Hérelle, chez les sauterelles, puis chez les criquets; la mortalité due à cette infection fut nulle chez les criquets. La contamination des criquets par le *Coccobacillus acridiorum* ne réussit pas à leur conférer une infection mortelle. Pour M. Sergent, l'infection autochtone bénigne avait vacciné les criquets contre le virus américain, même très exalté. Dans ce cas, l'application de la méthode biologique n'a donc donné aucun résultat.

1. *Ann. de l'Institut Pasteur*, t. XXX, n° 5, pp. 209-224; mai 1916.

§ 6. — Géographie et Colonisation

La population indienne, chinoise et japonaise aux Etats-Unis. — Le Bureau du Recensement des Etats-Unis a publié récemment deux fascicules donnant les résultats du recensement de 1910 pour la population indienne, d'une part, chinoise et japonaise, d'autre part[1].

Le nombre des Indiens recensés s'est élevé à 265.683, soit sensiblement le même qu'en 1870; par contre, leur proportion par rapport à la population totale a diminué de plus de moitié, tombant de 72 à 29 pour 10.000.

Les Etats qui renferment le plus d'Indiens en valeur absolue sont: l'Oklahoma (74.825), l'Arizona (29.201), le Nouveau Mexique (20.573), le Dakota du Sud (19.187), la Californie (16.371), le Washington (10.997), le Montana (10.745), le Wisconsin (10.142). Les Etats dans lesquels les Indiens forment une proportion notable de la population totale (plus de 5 %) sont: l'Arizona (14 %), le Nouveau Mexique (6 %) et le Nevada (6 %).

Parmi les 265.683 Indiens recensés, 18.546 disséminés dans la population générale ont rempli un bulletin individuel ordinaire; pour les 247.137 autres, des agents recenseurs, recrutés pour la plupart dans le personnel de l'Office des Affaires indiennes, ont rempli des bulletins spéciaux comportant des indications sur les tribus, la pureté du sang, etc. Ces 247.137 Indiens appartiennent à 280 tribus, formant 52 groupes linguistiques; 77 tribus comptent plus de 500 membres. Les plus importantes numériquement sont les Cherokee (31.489), les Navajo (22.455), les Chippewa (20.214), les Choctaw (15.917) et les Tetonsioux (14.284).

Parmi les 265.683 Indiens recensés au total, 150.063, soit 56 %, étaient de sang pur, 93 423 de sang mêlé; pour les autres, la pureté du sang n'a pu être déterminée. Il y avait 1.035 hommes pour 1000 femmes. La proportion des illettrés parmi les Indiens de plus de 10 ans était de 45 %, contre 56 % en 1900, ce qui dénote un progrès dans l'instruction; en 33 ans, l'Indian Office a d'ailleurs consacré 70 millions aux écoles fréquentées par les Indiens. La proportion des individus capables de parler anglais, parmi les Indiens âgés de plus de 10 ans, était de 31 %.

Les chiffres précédents ne comprennent pas le Territoire de l'Alaska, où les opérations du recensement ont été rendues plus difficiles à cause du climat. On y a trouvé, en 1910, 25.331 Indiens, dont 14.000 Esquimaux, sur une population totale de 64.356 habitants, soit 39 %. Trente ans auparavant, les Indiens formaient la presque totalité de la population de l'Alaska: 32.996 sur 33.426.

Sur le territoire des Etats-Unis proprement dits, on a recensé, en 1910, 71.531 Chinois et 72.157 Japonais, soit à peine un millième de la population totale pour chaque nationalité. Le nombre des Japonais, qui n'était que de 55 en 1870, s'est accru constamment depuis lors; celui des Chinois, qui était déjà très élevé à la même date (63.199), a passé par un maximum (107.488) en 1890 et a diminué régulièrement depuis, par suite des mesures restrictives de l'immigration des peuples jaunes.

Les Japonais sont presque tous dans les Etats du Pacifique: 41.356 en Californie; 12.929 dans le Washington. Les Chinois sont également très nombreux dans l'Ouest: Californie, 36.248; Orégon, 7.363; Washington, 2.709; mais ils sont plus disséminés que les Japonais: on en trouve 5.266 dans l'Etat de New-York, 2.582 dans le Massachusetts, et 2.103 dans l'Illinois.

Aux îles Hawaï se trouve un nombre important de jaunes: 79.675 Japonais et 21.674 Chinois, soit 42 et 11 % de la population totale.

1. *Bull. de la Statistique gén. de la France*, t. V, n° 1, p. 68.

DU ROLE DES UNIVERSITÉS DANS L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE SUPÉRIEUR

(A PROPOS D'UN PROJET DE LOI)[1]

Il est fait grand bruit en ce moment, parmi le monde scientifique universitaire, du projet de loi présenté au Sénat par M. Goy sur la création, dans les Universités, de Facultés de Sciences appliquées; et le monde industriel, qui a bien son mot à dire dans la question, commence, lui aussi, à prêter quelque attention aux propositions de l'honorable sénateur de la Savoie. On n'a pas oublié que ce dernier avait déjà provoqué au Sénat, il y a quelques années, une très intéressante discussion sur l'Enseignement technique supérieur, à laquelle avait pris part, avec la haute autorité que lui donne son titre de Directeur de l'École Centrale des Arts et Manufactures, M. le Sénateur Noël dont la France entière vient de saluer le retour après de longs mois d'une cruelle captivité en pays ennemi. Aujourd'hui, les idées de M. Goy se sont précisées et ont pris la forme concrète d'un projet de loi. Quelque opinion qu'on se fasse sur le sort futur de ce projet, qui sera, sans aucun doute, très discuté, et, probablement, fortement amendé, il faut savoir le plus grand gré à M. Goy d'avoir soulevé une question touchant de près l'un des points qui devront, après la Guerre, être l'objet de nos plus graves préoccupations : le développement de l'Industrie nationale.

Si, en effet, le point de vue économique et financier, si la bonne direction et l'utilisation judicieuse des capitaux qui resteront ou deviendront disponibles après la grande secousse que la France aura subie, si les questions de douanes, de change, de matières premières, si la communauté et l'organisation des efforts, si l'union féconde du Capital et du Travail dont on a pu constater récemment de si heureux signes précurseurs par le rapprochement de la Fédération des Industriels et Commerçants de France et de la Confédération générale du Travail, si tous ces éléments restent et resteront toujours les conditions primordiales qu'il faudra considérer en ce domaine, il n'en est pas moins vrai que en dehors de ces éléments matériels indispensables, l'Industrie utilise par-dessus tout l'élément humain et a le plus grand intérêt à recruter un personnel supérieur capable de lui assurer prospérité et progrès. Il importe donc d'essayer de voir clair dans tout plan d'organisation ou de réorganisation future, afin de ne pas, par des créations hâtives ou inopportunes, embarrasser les intérêts que l'on prétend servir, mais aussi afin de réserver tous ses efforts pour les améliorations et les développements reconnus indispensables.

I

C'est devenu un lieu commun bien souvent rebattu que d'insister sur les rapports étroits et nécessaires qui doivent exister entre la Science et l'Industrie, et l'exposé des motifs de M. Goy n'est qu'une longue et éloquente justification de cette nécessité. Sur ce que sont actuellement ces rapports, les opinions divergent; et si certains hommes de science, voyant avec peine et quelque scandale les procédés empiriques auxquels l'Industrie doit avoir parfois recours, envisagent avec pessimisme la situation et déclarent sévèrement que nos Ingénieurs sont dépourvus de tout esprit scientifique, ceux-ci, au contraire, ayant conscience des difficultés au milieu desquelles ils vivent, et des méthodes systématiques qu'ils emploient sciemment pour les vaincre, ne doutent pas qu'ils ne soient dans la bonne voie, et ne sont pas éloignés d'accoler, avec quelque nuance de scepticisme, l'épithète de sorbonnique à cette science qu'on prétend leur imposer. Ai-je besoin de dire combien cet antagonisme est néfaste en éloignant, tandis qu'il les faudrait rapprocher, deux classes d'hommes dignes de s'estimer, de se comprendre, et de s'entr'aider mutuellement.

Pour ma part, ayant été surtout mêlé à l'Industrie électrique, qui est la plus scientifique de toutes, je puis affirmer que, dans ce milieu déterminé, la Science électrique est la base solide sur laquelle, du consentement unanime, toutes les opérations de l'Industrie électrique sont fondées : nulle part l'expérience, la mesure, le calcul, la prédétermination des phénomènes n'a une plus grande place, et certainement, dans son ensemble, le monde des ingénieurs électriciens est

1. La *Revue* a déjà publié sur cette question, en réponse à son enquête *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* un article de M. P. RIVALS : Sur l'organisation de l'enseignement technique supérieur dans les Universites (n° du 30 mars 1916).

N. D. L. RED.

animé du véritable esprit scientifique. Mais il ne faut pas raisonner sur un cas particulier, et d'ailleurs, si l'on n'est pas d'accord sur la question de fait, je crois que personne aujourd'hui n'oserait contester cette vérité de principe que seul peut prétendre devenir un ingénieur digne de ce nom celui qui appuiera ses connaissances techniques sur une base scientifique à la fois très solide et très étendue.

Cela étant, mettons-nous à la place d'un observateur impartial qui, n'ayant d'autre but que le bien général du pays, se proposerait de faire le bilan exact des ressources existantes, afin de les utiliser au mieux pour cette préparation scientifique du futur ingénieur que nous reconnaissons indispensable. Cet observateur se trouverait dès l'abord en présence des Facultés des Sciences de nos Universités, avec l'ensemble imposant de leurs chaires et de leurs laboratoires, peut-être encore insuffisants, mais dont les développements depuis une trentaine d'années ne peuvent échapper à personne, avec leurs ressources annuelles importantes, et surtout avec un personnel qui, on peut le dire, représente en grande partie l'élite de la Science française. Ne lui paraîtrait-il pas évident que cet organisme en pleine vie et en pleine activité est admirablement placé pour donner à nos futurs industriels l'éducation scientifique qui leur est nécessaire ; et n'estimerait-il pas que cette tâche est une des plus belles et des plus utiles qui doivent lui être attribuées. En est-il réellement ainsi? Il faut reconnaître qu'il s'en faut encore de beaucoup dans l'état actuel des choses.

Lorsqu'un jeune homme, pris dans la meilleure partie des élèves de notre enseignement secondaire, a manifesté le goût de la Mécanique, de l'Électricité et de la Chimie, et, ce qui est plus important, a des dispositions scientifiques générales encourageantes, lorsqu'il se sent porté vers cette vie d'action et de réalisation qui est celle de l'Ingénieur, quelles voies trouve-t-il ouvertes devant lui? On peut dire que, dans la grande majorité des cas, ce jeune homme songera tout d'abord à l'École Polytechnique et dirigera de ce côté ses efforts : il entrera donc dans ces classes de Mathématiques spéciales dont on peut critiquer beaucoup de choses, mais qui pourraient être excellentes s'il était de règle de ne leur consacrer qu'une année. Que si, par goût, par tradition de famille, par esprit d'indépendance, il préfère les carrières de l'industrie privée, il se dirigera d'emblée vers l'École centrale des Arts et Manufactures où le rejoindront d'anciens admissibles à l'École Polytechnique préférant tenir que courir et profitant de leur préparation antérieure pour aborder un concours dont le programme est à peu près le même. D'autres, en petites quantités, se dirigeront vers l'École des Mines, des Ponts et Chaussées, du Génie maritime, et d'autres moins importantes mais s'étant acquis une excellente réputation, comme l'École Municipale de Physique et de Chimie, l'École des Mines de Saint-Étienne, l'Institut industriel du Nord, l'École centrale lyonnaise, etc. Je ne parle pas ici, à dessein, des Instituts techniques annexés à certaines Facultés des Sciences. Nous aurons occasion d'y revenir.

Le point que je veux mettre en lumière, c'est que, à part de rares exceptions, un jeune homme qui se destine à l'Industrie aura bien rarement, d'emblée, la ferme volonté de s'y préparer par la voie des Facultés des Sciences, c'est-à-dire, dans l'organisation actuelle, par la voie de la licence ès sciences. Ne cherchons pas si cela est un bien ou un mal ; constatons la situation, et constatons qu'ainsi restent inemployées pour le grand bien de l'éducation scientifique du futur ingénieur des ressources considérables et de premier ordre.

Les raisons de cette situation ne sont pas difficiles à apercevoir ; je ne parle pas des raisons purement historiques, les grandes Écoles dont il a été question ayant été fondées à une époque où les Facultés des Sciences n'existaient pas ou n'avaient qu'un commencement d'existence, et ayant dû organiser chez elles l'enseignement scientifique dont elles avaient besoin ; mais à aucune époque[1], jusqu'en 1890, date de la fondation de l'Institut chimique de Nancy, ou 1892, date à laquelle j'ai moi-même jeté les fondements de ce qui est devenu l'Institut électrotechnique de Grenoble, les Facultés des Sciences n'ont manifesté de velléités industrielles; elles ne se sentaient nullement faites pour cela, et l'esprit qui y régnait en était aussi éloigné que possible : quel est donc cet esprit, et quelles sont les tendances générales de la majorité des savants à qui est confié notre Enseignement scientifique supérieur?

II

De tout temps il s'est rencontré des esprits ardents et profonds pour qui l'exploration et la découverte des lois naturelles ont été le grand but de l'existence, qui ont compris que la première condition du progrès de l'humanité — et j'entends par là plus encore le progrès moral que le progrès matériel — était la connaissance aussi

1. En réalité, dès 1879, M. Haller engageait les démarches qui devaient aboutir à la création de l'Institut chimique de Nancy, et, dès 1883, Raulin inaugurait à Lyon un enseignement de Chimie appliquée.

exacte que possible et d'elle-même et du domaine où elle est destinée à vivre, c'est-à-dire de l'Univers. De telles recherches, de telles créations exigent une liberté d'esprit absolue et de longs loisirs : ce serait donc une œuvre intéressante, et qui ne serait pas une simple curiosité, de rechercher — quelque médiocre que puisse sembler cette préoccupation à côté de grands intérêts qui sont en jeu — comment, en fait, les hommes dont il s'agit ont pu matériellement se procurer ces loisirs que nous reconnaissons nécessaires. Mettons à part le cas, infiniment rare autrefois, qui commence aujourd'hui, signe très heureux, à apparaître à l'état sporadique, de ceux qu'une certaine fortune, ou seulement une aisance suffisante, délivre de tout souci matériel et qui en profitent pour se vouer, non en amateurs, mais en vrais professionnels, à la recherche scientifique. Il est permis d'espérer que ces cas s'étendront, et que nous verrons plus tard naître ce type moderne du grand seigneur qui, au lieu d'une galerie de tableaux, créera un Laboratoire et saura se mettre lui-même à sa tête. Mais ces cas seront toujours des exceptions : c'est en général dans les masses profondes et vigoureuses du peuple que naissent et que naîtront les hommes de génie ou simplement les intelligences de premier ordre. Comment ces intelligences peuvent-elles être utilisées au travail scientifique désintéressé ? Nous ne sommes plus au temps où un *monarque éclairé* s'entourait, pour rehausser l'éclat de sa cour, de savants et de poètes, où Virgile pouvait s'écrier :

O Mœlibœe, Deus nobis hæc otia fecit.

Le monarque, c'est aujourd'hui l'Etat, et l'Etat ne peut rétribuer que des services positifs ; il faut donc que le savant se résigne à accepter un métier pour vivre, et à justifier, par des services tangibles et immédiats rendus à quelques-uns, les services lointains et inappréciables qu'il se croit capable de rendre, par ses travaux et par ses recherches, à l'humanité tout entière. Or, plus heureux en cela que le poète, le savant a un métier — presque un seul — qui s'ouvre devant lui : c'est celui de professeur. Les plus grands savants, Galilée, Newton, Ampère, et bien d'autres, ont été professeurs. Savant et professeur (je ne dis pas professeur et savant) sont termes presque synonymes dans l'esprit de la foule ; et cela est naturel, car à quoi serviraient les plus belles découvertes du monde si elles n'étaient communiquées, autant par la parole que par la plume, à des disciples capables de les comprendre et de les développer. On peut donc dire que, dans l'immense majorité des cas, le jeune homme qui, plein d'ardeur scientifique, aspire à prendre sa place dans l'Enseignement supérieur, envisage la recherche comme but, et l'enseignement comme moyen — et tel est l'état d'esprit que nous nous proposions de définir.

Mais, à côté de la question du Maître, et à peu près dans les mêmes termes, se pose la question de l'Élève. Qui suivra ce haut enseignement? Qui sera assez fortuné — je m'excuse encore d'envisager ce côté terre-à-terre de la question — pour se reconnaître le droit de consacrer plusieurs années de sa jeunesse uniquement à s'instruire, sans préoccupation d'aucune sorte pour le gagne-pain de l'avenir? Nous devons bien reconnaître que cette question de l'Élève n'existait guère il y a une trentaine d'années dans nos Universités. Les cours publics étaient seuls en honneur; ils étaient fréquentés par le public éclairé de chaque ville universitaire, qui y trouvait une satisfaction intellectuelle sans grand effort et un contact momentané avec la science pure qui l'élevait au-dessus des préoccupations mesquines de la vie journalière. On a beaucoup médit de ces cours publics; peut-être n'aurait-on pas tort d'y revenir quelque peu aujourd'hui, alors que le niveau scientifique général s'est notablement élevé et que l'ardent désir de s'instruire de la foule apparaît à tous les yeux. Mais, cette réserve faite, on peut dire que nos Universités ont commencé à vivre d'une vie active et féconde le jour où, sous l'impulsion d'éminents Directeurs de l'Enseignement supérieur, elles ont vu apparaître dans leurs amphithéâtres et leurs laboratoires cet élément nouveau, l'Étudiant. Grand étonnement, presque scandale pour les vieux professeurs, que cette révolution troublait dans leurs laborieux et savants loisirs : n'ai-je pas entendu l'un d'eux, disparu aujourd'hui depuis plusieurs années, savant éminent et dont le nom est une des gloires de la Science française, me dire : « Les Facultés des Sciences seraient une institution admirable s'il n'y avait pas d'étudiants! » Hâtons-nous d'ajouter que cet état d'esprit est bien oublié maintenant et que chacun sent qu'une science serait stérile qui s'enfermerait dans l'égoïste isolement du Laboratoire et de la recherche personnelle.

Quelle fut donc cette première clientèle d'élèves qui apparut dans les Facultés, justifiant par sa présence des chaires plus nombreuses et des laboratoires mieux outillés? On peut répondre qu'elle se composa, en grande majorité, de jeunes gens se destinant à l'enseignement public. Parmi eux, quelques-uns devaient recevoir le flambeau des mains de leurs Maîtres et continuer, dans les conditions que nous avons dites

plus haut, la grande tradition française de la recherche scientifique désintéressée ; les autres bornaient leur ambition à professer dans les Lycées et Collèges du pays, et de ces derniers les meilleurs aspiraient à cette Agrégation de l'Enseignement secondaire pour laquelle M. Goy a quelque sévérité, mais qui — j'en appelle à tous ceux qui la connaissent bien — est au-dessus de tout soupçon de partialité. Cette clientèle d'étudiants fut assidue, laborieuse, pleine de bonne volonté; l'enseignement des Facultés se trouvait presque immédiatement adapté à ses besoins, car on doit observer — et c'est ce qui rend la carrière de l'enseignement si séduisante à ceux que la curiosité de la science pure passionne — que, pour le futur professeur, la culture professionnelle se confond presque entièrement avec la culture générale, et que les années de libres études sont la meilleure préparation aux années de professorat.

III

Il s'établit donc assez facilement une harmonie satisfaisante entre le professeur savant et l'élève apprenti professeur, et, pour beaucoup de bons esprits, cet état de chose représente, dans sa pureté, le rôle que doivent jouer, au sein d'un grand pays, les Universités modernes. Mais quelques autres, tourmentés de l'idée du mieux, s'avisèrent qu'il y avait quelque chose d'un peu décevant à faire ainsi engendrer professeur par professeur, qu'à cet usage, le terrain risquait de s'épuiser comme un champ qui ne s'alimenterait que sur lui-même, et que peut-être la Société réclamait d'eux un rôle plus actif et mieux adapté à la vie moderne. Ceux-là jetèrent un regard à l'extérieur de leurs laboratoires, et du premier coup furent éblouis par le rôle immense que la Science jouait déjà et jouerait sans doute de plus en plus dans l'Industrie; ils s'aperçurent qu'à côté de la Science universitaire il était né tout une science nouvelle évoquée par les problèmes pratiques et qui, à son tour, éclairait d'un jour singulièrement éclatant les domaines eux-mêmes de la Science abstraite ; ce fut une révélation ; l'Université n'avait pas le droit de se désintéresser de ces besoins nouveaux; il fallait se mêler au monde de l'Industrie, non pour lui imposer un dogmatisme scientifique dont il n'avait que faire, mais pour démêler ses besoins, les éclaircir, et lui apporter le concours de certaines connaissances et de certaines habitudes d'esprit dont le contact avec la pratique pouvait amener les plus heureux résultats. Et de là sont sortis les Instituts techniques annexés à quelques-unes de nos Facultés des Sciences.

Deux genres d'industries apparurent dès l'abord comme se prêtant particulièrement bien à ces créations : les industries chimiques et les industries électriques : là, le point de vue scientifique est prépondérant, et le champ, au moins au premier abord, paraît bien délimité. J'ai déjà dit plus haut avec quel succès M. Haller créa à Nancy un Institut chimique qui est resté le modèle du genre ; et, s'il m'est permis de revenir sur certains souvenirs personnels, je rappellerai la véritable émotion de sympathie que soulevèrent dans le monde industriel les premiers enseignements d'Electricité industrielle que je créai en 1892 à la Faculté des Sciences de Grenoble : la semence jetée était féconde et le terrain admirablement préparé pour la recevoir, puisque, dans les années qui suivirent, les autorités locales résolurent de rendre définitif et permanent cet enseignement de forme nouvelle qui avait, par le fait, montré son droit à l'existence. La plupart des autres Instituts techniques universitaires naquirent à peu près dans les mêmes circonstances, et ces circonstances parurent éminemment favorables aux Universités en rapprochant d'elles des corps qui jusque là n'avaient pour la Science pure qu'un respect un peu éloigné.

L'influence du milieu fut donc grande sur la nature même de ces créations : les régions hydrauliques des Alpes appelèrent l'Electrochimie, l'Electrotechnique, la Papeterie, les régions industrielles du Nord et de l'Est, la Chimie, la Brasserie, l'Electrotechnique, la Mécanique, etc. Tous ces Instituts débutèrent sous les plus heureux auspices : tout concourait à leur prospérité naissante, l'ardeur des créateurs, l'intérêt des jeunes Universités, l'amour-propre des villes. Mais leur premier élément de succès devait être, j'y reviens encore une fois et je m'en excuse, de donner un gagne-pain plus ou moins assuré aux jeunes gens qui se confieraient à eux : les plus belles théories que l'on fera sur les grands intérêts de la science et sur la nécessité pour l'Ingénieur d'une longue préparation scientifique se heurteront toujours contre cette nécessité. Or si, comme nous l'avons remarqué plus haut, pour le futur professeur, la formation professionnelle se confond presque entièrement avec la formation scientifique générale, si, suivant une idée chère à M. H. Le Chatelier, cela peut encore être admis pour les esprits d'élite destinés à fournir les grands chefs d'industrie, les grands organisateurs, les grands conducteurs d'hommes, pour la moyenne, déjà cependant d'un niveau intellectuel élevé, qui aborde les carrières industrielles, il faut autre chose : il

faut une formation professionnelle, pratique, concrète, qui touche de près la réalité des choses et la contingence des problèmes industriels, et qui mette à même celui qui l'a reçue de se présenter au chef qui l'emploiera demain comme une valeur immédiatement utilisable.

La plupart de ces Instituts techniques devinrent donc, par la force des choses, de véritables Ecoles techniques, et, très rapidement, des mœurs entièrement différentes des mœurs universitaires s'y établirent : emploi du temps sérieusement étudié et soigneusement suivi, discipline étroite, travail surveillé, voilà des conditions bien différentes des études libres et des fructueuses réflexions personnelles du futur professeur ou du futur savant. D'autre part, une nouvelle clientèle d'élèves apparut : tandis que jusque là, alors que la licence était le seul objectif des étudiants d'Université, ceux-ci ne pouvaient se recruter que parmi les bacheliers, c'est-à-dire parmi les sortants de l'Enseignement secondaire, les nouveaux Instituts techniques accueillirent en outre avec faveur un public sortant des Ecoles nationales d'Arts et Métiers, des Ecoles pratiques d'Industrie et des Ecoles primaires supérieures ; il ne faut pas s'en étonner ni s'en scandaliser : tous ceux qui ont manié cette nouvelle *matière première* ont été frappés des éléments intéressants, jeunes, à l'esprit curieux et ouvert que l'on pouvait y rencontrer, et moins que jamais, après la Guerre, il ne sera permis de négliger une source de recrutement pouvant, par de véritables phénomènes de *compensation*, pour employer le langage des pathologistes, donner de si excellents résultats. Mais que nous voilà loin, et en si peu d'années, de la conception générale de l'Enseignement scientifique supérieur que nous avons plus haut essayé de caractériser, et où la recherche était le but et l'enseignement le moyen, équilibre quelque peu instable d'ailleurs et qu'il faudra, un jour ou l'autre, avoir le courage de regarder en face. Ce n'est pas une évolution lente et naturelle des Facultés, ce sont des organes nouveaux qui se greffent sur elles presque brusquement, et beaucoup de ceux qui sont restés fidèles à la conception pure de l'Enseignement supérieur s'inquiètent de ce voisinage : c'est l'utilitarisme qui s'installe à côté de la culture désintéressée, c'est l'usine qui s'élève au-dessus du Parthénon et menace de l'écraser.

Il n'en est pas moins vrai que les Instituts techniques universitaires ont rendu et rendent encore de très réels services; leur succès a été incontestable et justifie amplement leur existence; mais, entrainés par ce succès même, et surtout par la nécessité de vivre, certains d'entre eux ont en partie passé à côté du but que l'on pouvait légitimement attribuer aux Facultés des Sciences, à savoir la préparation scientifique du futur ingénieur, pour se consacrer surtout à sa préparation professionnelle. Il reste donc là un rôle considérable et de première importance à remplir pour les Universités; et, avant de songer à autre chose, il est essentiel d'aménager et de développer leurs ressources dans ce sens. Pour cela, des réformes assez profondes sont nécessaires. Le mot bien connu de Pasteur : « Il n'y a pas de sciences appliquées, il y a la Science et les applications de la Science », quoique vrai, a quelquefois fait plus de mal que de bien en coupant court, par une formule lapidaire, à des distinctions et à des nuances nécessaires. Il faut bien reconnaître en effet que la Science, tout en restant Science pure, ne doit pas être enseignée de la même manière à ceux qui y cherchent uniquement une culture générale (et nous avons vu que jusqu'ici c'était la clientèle favorite des Universités) et à ceux qui lui demandent un instrument de travail. Aux premiers, il faut beaucoup de liberté, beaucoup de souplesse dans l'enseignement; ils s'intéressent surtout aux notions spéculatives; les points les moins connus, les phénomènes les plus nouvellement découverts, les solutions les plus élégantes des problèmes les attireront toujours; les seconds doivent y trouver une discipline et une méthode; la volonté de pousser les problèmes jusqu'au bout, l'habitude d'analyser une question méthodiquement, l'étude, indépendamment de toute préoccupation théorique, des relations, même purement expérimentales, mais cependant précises, pouvant exister entre plusieurs variables physiques; la manière toujours concrète de se représenter les choses, la connaissance approfondie des parties les mieux connues, et par suite, pour certains, les moins intéressantes de la Science, voilà les conditions qui doivent être remplies pour eux. A cet enseignement, il faudra donc des programmes spécialement étudiés, et établis, quoique purement scientifiques, avec la collaboration intime des ingénieurs et des industriels. Il faudra un emploi du temps réglé et coordonné, où chaque chose trouvera sa place sans temps perdu. En d'autres termes, il faut créer — les éléments en sont tout prêts — des Instituts scientifiques universitaires préparatoires à l'Industrie. Le travail devra y être assidu et intense : tous ceux qui ont manié les meilleurs élèves sortant de nos Ecoles nationales d'Arts et Métiers leur ont reconnu des qualités spéciales dues incontestablement à la discipline d'un travail manuel poursuivi avec

ténacité et ne souffrant ni l'inachevé ni l'à peu près : quelles qualités ne pourrait-on pas espérer de jeunes gens guidés, avec le même esprit, dans la voie du travail scientifique. Aucun titre ni aucun diplôme ne devrait être exigé; un examen d'entrée se bornant strictement, mais sévèrement, aux connaissances reconnues indispensables ouvrirait ces Instituts aux meilleurs élèves de toutes les origines. La subordination des diplômes, licencié à bachelier, docteur à licencié, qui donne lieu à tant de difficultés artificielles, à tant d'équivalences de convention et par suite à tant d'abus dans différents sens, me semble une conception restante de l'âge métaphysique : au point de vue moderne, doivent être admis à un enseignement tous ceux qui sont capables de le suivre fructueusement, et peuvent prétendre à sa sanction tous ceux qui l'ont suivi fructueusement.

Voilà donc la première réforme à faire pour hâter ce rapprochement si désirable entre la Science et l'Industrie : on se plaint souvent que les industriels n'aillent pas vers les savants ; c'est aux savants à aller vers les industriels, non pas en se contraignant à enseigner une fausse et mauvaise pratique pour laquelle ils ne sont nullement faits, mais en recherchant sincèrement dans quel esprit la science doit être enseignée pour être vraiment utile à l'Industrie. Ils doivent surtout se garder de dédaigner les méthodes industrielles, et, tout en gardant pour eux la rigueur scientifique qui fait leur honneur, comprendre que les problèmes industriels sont d'une complexité telle qu'ils peuvent exiger des méthodes spéciales : les questions économiques, par exemple, donnent constamment à ces problèmes une allure bien différente de celle des problèmes scientifiques; il n'appartient pas aux savants d'aborder ce côté des questions, mais ils doivent donner à leurs élèves les habitudes d'esprit qui leur permettront de les aborder plus tard conformément à la méthode scientifique.

Les jeunes gens qui sortiraient de ces Instituts auraient, je crois, des qualités toutes différentes de celles de nos Licenciés actuels, et, pour le but que nous nous proposons, très supérieures. Parmi eux, quelques-uns pourraient peut-être entrer immédiatement dans certaines industries particulières, et encore seulement pour des emplois très spéciaux ; d'autres pourraient poursuivre, toujours dans le même esprit, des études scientifiques plus approfondies et d'un caractère plus personnel ; mais la grande majorité devrait continuer des études techniques proprement dites, dans les conditions que nous étudierons plus loin.

Par cette organisation nouvelle, à laquelle toutes les Universités, même celles de moindre importance, pourraient participer d'une manière active et vivante, nous pensons donner satisfaction à l'un des points les plus importants visés dans le projet de M. Goy, à savoir l'éducation scientifique du futur ingénieur, et nous préférons cette solution à celle de M. Goy qui propose de limiter le recrutement de ses Facultés techniques aux seuls Licenciés ès-sciences ; cela aurait, je crois, un double inconvénient : d'abord parce que cela écarterait *a priori* tout l'élément non bachelier dont nous avons montré tout l'intérêt ; et ensuite parce que, sous l'influence des préoccupations de liberté et de souplesse que nous avons analysées plus haut, préoccupations très légitimes lorsqu'il s'agit d'un enseignement de culture générale, la Licence ès-Sciences est devenue quelque chose d'assez mal défini, les programmes de chaque certificat d'études supérieures[1] étant, en fait, les programmes qu'il convient à chaque Faculté d'adopter.

IV

Que sera maintenant l'Enseignement technique supérieur que devront aborder les élèves sortant des Intituts scientifiques universitaires préparatoires à l'Industrie? Un certain nombre se dirigera naturellement vers les Instituts techniques universitaires existants, qui verront ainsi, pour leur plus grand profit, leur niveau s'élever d'une manière sensible. Mais ces Instituts ne les absorberont pas tous, et surtout si, comme tout le fait espérer, nous assistons après la Guerre à un développement considérable de notre Industrie, des créations nouvelles s'imposeront. Ces créations devront correspondre à des besoins réels, reconnus et soigneusement étudiés: elles devront rechercher la qualité plus que la quantité ; elles devront enfin prévoir et assurer de larges moyens de réalisation, et ne pas, suivant un usage néfaste et bien connu, engager l'avenir au moyen de quelques crédits péniblement rassemblés. Avant tout, il ne faut pas encourager l'éclosion d'organismes à vie médiocre qui, une fois nés, ne disparaissent pas, et finissent, s'ils se multiplient, par arrêter tout progrès en disséminant les ressources et les efforts.

Je concevrais donc une grande Ecole technique supérieure, plusieurs, s'il était nécessaire, mais en tout cas un très petit nombre, accueillant sans examen ni concours tous les jeunes gens, et seulement ceux-là, ayant satisfait aux examens

1. On sait qu'il faut trois certificats quelconques d'études supérieures pour obtenir le grade de Licencié ès-sciences.

de sortie des Instituts scientifiques universitaires, examens qui devraient, sous l'influence vigilante d'une volonté centrale, se maintenir à un niveau très élevé. Cette, ou ces Ecoles, pour éviter une centralisation excessive, seraient situées dans nos plus grandes villes de province ; elles devraient être fondées et dirigées effectivement par les Industriels. Je suis persuadé qu'il existe, dans le monde industriel, des hommes éminents, convaincus de la nécessité d'une forte éducation scientifique de l'ingénieur, qui comprendraient de la manière la plus large le caractère à donner à ces nouvelles créations : c'est à eux, et non aux universitaires, qu'il appartient de les tenter ; ce qui ne veut pas dire qu'ils ne feraient pas le plus large appel aux savants ; mais ici, les rôles seraient renversés : dans les Instituts scientifiques, la direction doit appartenir aux savants avec la collaboration des industriels ; dans les Ecoles techniques, la direction doit appartenir aux industriels avec la collaboration des savants.

Ces Ecoles ne seraient donc pas, ainsi que le veut M. Goy, rattachées en principe aux Universités ; je ne vois pas d'avantages à ce rattachement : si c'est leur intérêt que l'on cherche, je crois que leurs fondateurs doivent avoir une action directe sur elles sans être obligés de passer par l'intermédiaire d'un organisme existant ; et si c'est celui des Universités, il semble que ce serait une faute de leur annexer, à moins que ce soit d'une façon presque nominale, des Etablissements qui, trop puissants, les écraseraient, et, insuffisamment, végéteraient. D'ailleurs, autant je comprends et je trouve féconde la notion d'Université, comme symbole du rapprochement de l'ensemble des connaissances humaines en vue de leurs progrès, autant j'estime qu'il serait artificiel de vouloir y rattacher *a priori* toutes les formes de l'activité intellectuelle. Quelque différentes que puissent paraître, à première vue, les préoccupations des hommes qui professent dans nos diverses Facultés, Lettres, Sciences, Médecine, Droit, on doit reconnaître qu'ils ont tous en vue le progrès scientifique des branches particulières de Sciences qu'ils cultivent, et ce caractère commun les rapproche et les fera toujours se reconnaître entre eux ; on peut dire, il est vrai, que les Facultés de Médecine et de Droit sont professionnelles ; mais, en fait, le côté professionnel s'exerce bien plutôt, en ce qui concerne les premières, dans les hôpitaux, et les secondes, dans les études de notaire et d'avoué. Au contraire, l'esprit pratique, l'esprit de réalisation qui doit être celui de l'ingénieur, a ses caractères propres, qui doivent dominer tout l'enseignement d'une Ecole technique ; cet esprit, s'il doit s'allier à l'esprit scientifique, en est cependant distinct, comme l'action est distincte de la réflexion ; il en résulte un caractère spécial des Ecoles techniques qui, s'il ne s'oppose évidemment pas à leur connexion avec les Universités, ne les y rattache cependant pas d'une manière nécessaire.

En revanche, il me paraît indispensable que, si l'Etat, comme il est probable, et même désirable, ne se désintéresse pas de ces nouvelles créations, elles soient rattachées par des liens qui restent à déterminer, mais qui, en tout cas, devront leur laisser la plus grande souplesse et la plus grande liberté de mouvement, au Ministère de l'Instruction publique, de préférence à tout autre. C'est là, semble-t-il, le point qu'il faut vraiment retenir du projet de M. Goy, et ce rattachement paraît nécessaire si l'on veut établir entre les nouvelles Ecoles techniques et les Instituts scientifiques universitaires, la communauté de vues et d'efforts que nous avons prévue.

V

Il me reste un point à étudier : quelle sera l'influence, sur la recherche scientifique, de cette orientation vers l'Industrie des Universités, soit sous la forme des Instituts techniques, soit sous celle, que je préconise, des Instituts scientifiques préparatoires. Bien que cette dernière doive être considérée comme une forme plus normale de leur évolution naturelle, il ne faut pas se dissimuler que ni dans un cas ni dans l'autre la production scientifique ne sera favorisée. Il s'agit là d'œuvres d'enseignement au premier chef, qui absorberont forcément la plus grande part de l'activité de ceux qui s'y consacreront, et demanderont leur dévouement le plus absolu ; les élèves qui doivent les fréquenter seront exigeants, et ils auront raison de l'être ; il faut en revenir de cette idée courante que les élèves trouvent leur avantage indirect dans les recherches personnelles du Maître : les élèves se soucient fort peu de voir le mur derrière lequel leur professeur travaille, ils veulent voir leur professeur lui-même. Il faut donc que, dans nos Instituts, l'enseignement soit le but, et la recherche le moyen, et cela ne sera pas un mal, car un bon enseignement rend un service plus général qu'une production scientifique médiocre.

Mais si nous voulons d'un autre côté donner un nouvel élan à la véritable recherche scientifique, il faut un contre-poids à ces Instituts. Je le verrais dans la création de véritables Instituts de recherches, beaucoup plus puissants — et toujours en très petit nombre — que tout ce qui

existe actuellement. Nous avons dit plus haut que l'État ne peut rétribuer que des services réels et positifs. Il faut qu'une démocratie moderne s'habitue à considérer la recherche scientifique comme un service réel et positif, et n'ait pas besoin de lui donner pour façade et pour prétexte l'enseignement; mais, en revanche, il faut que le savant, en se consacrant entièrement à la recherche scientifique, se considère comme le serviteur de l'intérêt général, et non comme le prêtre de je ne sais quelle nouvelle religion à qui tout serait dû. De grands laboratoires, franchement et exclusivement consacrés à la recherche, avec un personnel d'élite, délivré de tout souci d'enseignement, voilà ce qu'il faut prévoir. N'en pourrait-on pas trouver le germe dans l'Ecole pratique des Hautes Etudes, cette intéressante fondation de Victor Duruy, qui, au moins en ce qui concerne la branche scientifique, s'émiette aujourd'hui en une poussière de crédits insignifiants, et est, si je ne me trompe, bien inconnue du grand public? En tout cas, c'est à l'Etat à prévoir ces créations considérables; l'initiative privée pourra l'y aider, mais non se substituer à lui.

On remarquera que, n'ayant nullement l'intention de faire une étude d'ensemble sur l'enseignement technique supérieur, je n'ai pas touché la question des grandes Ecoles existantes. Il est de mode, aujourd'hui, de ne pas leur épargner les critiques. Il ne faudrait pas oublier, cependant, que nous leur devons un nombre considérable d'Ingénieurs de premier ordre, dont les travaux ont porté bien loin le renom de la France à l'étranger, et que, si en bien des côtés notre Industrie nationale n'a pas pris les développements qu'on aurait pu souhaiter, ce n'est pas faute de compétences, mais pour beaucoup d'autres raisons qu'il serait hors de mon sujet d'examiner ici. Ce n'est pas à dire qu'aucune de ces critiques ne soit justifiée; mais j'ai la plus entière confiance que les réformes nécessaires viendront à leur heure : pour qu'elles soient fécondes, il faut qu'elles ne soient pas imposées; elles seront entraînées par la force des choses, par la pression des idées ambiantes, par les nécessités de l'évolution scientifique de l'Industrie qui s'impose; elles viendront non de l'extérieur, mais de l'intérieur.

Enfin on s'étonnera peut-être que je n'aie fait aucune allusion à l'Ecole Supérieure d'Electricité que j'ai l'honneur de diriger depuis plus de vingt ans. Je me suis précisément efforcé de m'abstraire de cette situation pour envisager la question sous son point de vue le plus général et le plus élevé; l'Ecole Supérieure d'Electricité est une fondation d'un caractère tout spécial, qui se rapproche de celui que j'ai indiqué plus haut : établissement entièrement libre, fondé et dirigé par un groupe d'Industriels en pleine activité, qui ont fait confiance à l'Université en mettant à la tête de leur création l'un de ses membres, mais qui tiennent à réserver leur entière indépendance, l'Ecole représente une forme particulièrement heureuse de l'enseignement technique supérieur de spécialisation; quoique entièrement indépendante de l'Etat, elle a avec lui des rapports étroits et excellents, puisque, sur 1412 anciens élèves diplômés, 179, c'est-à-dire plus de 12 % ont été délégués officiellement auprès d'elle comme officiers d'Artillerie ou du Génie, officiers de Marine, Ingénieurs du Génie maritime, Ingénieurs des Télégraphes, etc., et que sa section de Radiotélégraphie [1], bien que de création récente, avait pu déjà former une trentaine d'officiers radiotélégraphistes spécialisés qui rendent aujourd'hui sur le front les plus éminents services. Nul ne peut prévoir aujourd'hui comment elle évoluera dans les années qui vont venir; mais ce qu'on peut affirmer, c'est qu'elle répondra toujours à un besoin certain pour les ingénieurs désireux d'approfondir leurs connaissances relatives à une industrie qui prend de jour en jour une extension plus considérable.

J'arrêterai là ces quelques réflexions, sans avoir épuisé un sujet de première importance qui, grâce à M. Goy, est devenu un sujet d'actualité. Le moment est venu où chacun, indépendamment de tout esprit d'Ecole ou de milieu, et avec une entière liberté d'appréciation, doit apporter son concours à l'œuvre entreprise; il faut surtout envisager chaque question en elle-même, sans la fausser artificiellement par des intérêts voisins plus ou moins étrangers. C'est ce que nous avons essayé de faire dans l'étude qui précède.

Paul Janet,
Professeur à la Sorbonne,
Directeur du Laboratoire Central
et de l'Ecole supérieure d'Electricité.

1. Voir *Revue générale des Sciences*, 1913, page 755.

LA MÉTABOLIE DES INSECTES

I

Dans l'exposé de maint problème biologique, l'on se voit souvent arrêté de prime abord par de vétilleuses questions de mots, soit que l'on ait confondu sous la même expression des phénomènes différents, soit que les auteurs aient usé des mêmes termes dans des acceptions variées. C'est ainsi que nous nous voyons obligé de parler de *métabolie* pour désigner les changements successifs que subissent les Insectes dans leur vie postembryonnaire; ces modifications sont en effet de natures très diverses, et l'expression de métamorphoses, utilisée en général, prêterait dans l'état actuel de la science à des confusions fâcheuses.

Giard a nettement défini ce qu'il faut entendre par *métamorphose*, et la plupart des zoologistes sont aujourd'hui d'accord sur sa manière de voir : par contraste avec un processus d'évolution continue et régulière, la métamorphose est un processus d'évolution discontinue et en quelque sorte révolutionnaire, c'est une nécrobiose normale se faisant par amputation, par dégénérescence ou par phagocytose. L'élimination de l'amnios et du placenta chez les Mammifères Monodelphes, la résorption de la queue du têtard, la transformation de la chenille en papillon, sont des phénomènes métamorphiques.

Il faut se garder de confondre la métamorphose avec ce que nous appellerons *hétéromorphose*, en utilisant une expression de l'illustre entomologiste anglais Westwood; l'hétéromorphose est caractérisée par une différence spéciale entre les premiers stades du développement postembryonnaire et la structure définitive : en langage transformiste, c'est l'acquisition par un animal jeune de particularités nouvelles, de caractères *larvaires*, qui n'existaient pas chez les ancêtres, qui disparaîtront chez l'adulte, et qui constituent une adaptation provisoire de l'organisme à un milieu distinct de celui qu'il habite à l'état parfait. Le jeune est alors une *larve* : le bec corné et le long intestin du têtard, les branchies trachéennes que montrent les Ephémères dans leur vie aquatique, sont des caractères hétéromorphiques.

L'hétéromorphose peut exister sans qu'il y ait de métamorphose subséquente, la transformation de la larve en adulte étant alors graduelle : c'est ce que nous voyons en général chez les Crustacés; de même la métamorphose peut se présenter sans qu'il y ait d'hétéromorphose préalable, la queue du têtard étant un organe ancestral et non un caractère larvaire. Chez les Insectes supérieurs, l'hétéromorphose, qui est très prononcée, est suivie d'une métamorphose profonde.

Evitons aussi d'associer à l'idée d'hétéromorphose ou de métamorphose le phénomène de la mue, une simple manifestation extérieure du mode de croissance chez des Animaux qui, comme les Arthropodes, sont enfermés dans une gaîne de chitine inextensible. Cependant, chez les Insectes ailés, le mode d'apparition et d'accroissement des ailes, prenant une apparence saccadée par suite des mues successives, donne une physionomie particulière à l'évolution de l'organisme, et constitue un troisième genre de changements dont il faut tenir compte dans le tableau des transformations postembryonnaires.

Nous employerons l'expression de *métabolie* sans l'identifier avec l'hétéromorphose, contrairement à ce qu'a fait Heymons : il se peut que le terme ait été détourné de son acception originelle, mais les autorités les plus compétentes en ont toujours usé pour désigner le facies de l'ensemble des transformations brusques que peut offrir un Insecte ailé : c'est ainsi que nous continuerons avec M. Henneguy à parler d'*amétabolie*, de *paurométabolie*, d'*hémimétabolie* et d'*holométabolie*.

II

Depuis une dizaine d'années, nous connaissons des Hexapodes fort singuliers, les Protoures ou Myrientomes, qui ont été trouvés d'abord en Italie, puis en Allemagne, en Autriche, en Russie, aux Indes, à Java et dans l'Amérique du Nord. Ils sont extrêmement petits et difficiles à découvrir dans la terre humide qu'ils fouillent profondément; plusieurs de leurs espèces doivent exister en France, mais on ne les y a pas encore cherchées. Ces Animaux, dépourvus d'yeux et d'antennes, mais ayant trois paires de pattes dégénérées sur l'abdomen, ont été considérés soit comme étant des Myriapodes, soit comme établissant la transition entre les Myriapodes et les Insectes, soit enfin comme appartenant au groupe des Insectes les plus primitifs, encore dépourvus d'ailes, les Aptérygotes. En réalité, il semble bien que nous ayons affaire à de véritables Insectes, probablement très spécialisés, mais différant de tous les autres par une particularité qui rend leur croissance des plus originales et qui est peut-être une réminiscence de ce que montrent

maints Crustacés et Myriapodes dits, à cause de ce caractère, *anamorphes* : au sortir de l'œuf, les Protoures ne présentent que neuf segments abdominaux, trois segments étant intercalés dans la suite avant le dernier, de manière à porter leur nombre à douze. Les autres Hexapodes, qui sont *épimorphes*, ont dès leur naissance le nombre maximum de leurs segments abdominaux, qui est de douze également en principe.

Les Aptérygotes épimorphes, Thysanoures, Campodés et Collemboles, n'offrent, comme les Protoures, ni hétéromorphose ni métamorphose; au sortir de l'œuf, outre la taille et l'état encore rudimentaire de leurs organes génitaux, ils montrent souvent comme différences avec leurs parents, la coloration, la vestiture ou certaines imperfections temporaires de leurs appendices, mais en cela ils ne se distinguent pas des jeunes d'une foule d'autres Animaux, des Araignées par exemple; comme ils n'ont jamais eu d'ailes, leurs mues ne présentent rien de particulier, et par conséquent nous pouvons les considérer comme étant restés de purs *amétaboles*.

III

Les Ptérygotes inférieurs, c'est-à-dire les Paléodictyoptères du Houiller, ancêtres de tous les autres Insectes ailés, les Orthoptères (dans le sens le plus large) et la plupart des Hémiptères, sont fréquemment qualifiés d'Insectes à métamorphoses incomplètes. En réalité, ils n'offrent pas de métamorphose du tout, et ils ne présentent même pas d'hétéromorphose. Les jeunes peuvent différer des adultes de la même manière que chez les amétaboles, mais le développement graduel des ailes, accusé à l'extérieur par les saccades résultant des mues, amène des changements en apparence subits qui donnent un facies particulier à l'évolution. C'est de la *paurométabolie*.

La jeune sauterelle à sa naissance est dans un état assez précaire de développement, mais elle ressemble à ses parents, sauf qu'elle ne présente pas encore d'ailes; celles-ci se manifesteront au dehors, à chaque changement de peau, d'une manière de plus en plus accentuée, jusqu'à l'état parfait où elles deviennent mobiles et fonctionnelles. Il n'y a là rien d'étranger à ce que montrent les Oiseaux ou les Mammifères, dont les organes qui sont l'apanage de l'adulte se développent pendant l'adolescence; pas plus qu'un poussin n'est une larve de coq, la sauterelle au sortir de l'œuf n'est une larve, car elle ne présente aucune adaptation spéciale provisoire; elle n'est surtout en rien comparable à la larve des Insectes holométaboles, comme nous l'avons montré il y a déjà longtemps, et ainsi qu'on le verra tout à l'heure. Berlese propose de désigner ce stade sous le nom de *prosopon*.

Nous pouvons jusqu'à un certain point assimiler, comme on l'a fait souvent, la forme semi-ailée qui précède la dernière mue à la nymphe des Holométaboliques, à condition de dégager de l'idée de nymphe les phénomènes d'inactivité et surtout de métamorphose qui se trouvent associés à la présence d'ailes externes dans la nymphe des Insectes supérieurs, et qui font défaut chez les formes paurométaboles.

Si le passage de la nymphe à l'adulte chez les Insectes paurométaboles se fait toujours sans changement révolutionnaire, nous connaissons des cas, cependant, où il est accompagné d'un repos comparable à l'immobilité d'une chrysalide : c'est ce que nous voyons dans les *Thrips* ou Thysanoptères, mais nous n'avons affaire en l'espèce qu'à l'exagération d'une particularité générale dans laquelle nous trouvons précisément l'origine du repos nymphal des Holométaboliques. Chaque mue chez un Arthropode est en effet un moment de crise coïncidant forcément avec un arrêt plus ou moins prolongé de l'activité de l'organisme.

Parmi les Orthoptères et les Hémiptères, nous rencontrons assez bien de formes ayant perdu les ailes : les neutres des Termites, les Poux et les Punaises des lits en sont des exemples; leur évolution postembryonnaire se poursuit sans changements et ressemble à celle des Insectes amétaboles. Il s'agit ici d'une amétabolie secondairement acquise; c'est par conséquent de l'*apométabolie*.

IV

Les Perles, les Libellules et les Ephémères sont des Insectes sans métamorphoses comme les paurométaboles, mais leurs premiers états offrent des organes provisoires nouveaux, par adaptation à la vie aquatique, notamment des branchies trachéennes, et constituent par conséquent des larves. Ces larves ne sont d'ailleurs comparables aux larves des Holométaboliques que par la possession de caractères hétéromorphiques.

Le facies des transformations de ces Animaux hétéromorphes, mais non métamorphes, a été désigné sous le terme heureux d'*hémimétabolie*.

En présentant sous ce jour les particularités propres à ces organismes, nous nous mettons en opposition formelle avec les idées de Handlirsch : le savant entomologiste autrichien considère en effet que les Insectes primitifs avaient conservé l'existence aquatique primaire des Trilobites, leurs ancêtres, qui leur avaient légué leurs

branchies. Dans ce cas, les Perles, les Libellules et les Ephémères seraient paurométaboles, car leur adaptation à la vie au sein des eaux pendant leur jeune âge ne serait pas secondaire.

Tout prouve qu'il ne peut pas en être ainsi : l'impossibilité de concevoir l'apparition de trachées chez des animaux aquatiques ; l'absence de branchies trachéennes chez les larves des Paléodictyoptères du Primaire qui nous sont connues ; le fait que des branchies trachéennes ont été acquises secondairement par les larves aquatiques de divers Coléoptères, des Trichoptères et de certains Lépidoptères et Diptères ; enfin la non homologie des branchies trachéennes chez les Perles, chez les Libellules et chez les Ephémères, qui montre même, comme d'autres particularités, qu'il s'agit de trois adaptations indépendantes, et que ces Insectes ne peuvent plus être réunis, comme on le faisait jadis, en un groupe des Amphibiotiques.

Ces Hexapodes dérivent de Ptérygotes terrestres paurométaboles, et ils sont bien par conséquent hémimétaboles.

Les Ephémères présentent, en outre, un avatar singulier et absolument original. La larve parvenue à son complet développement arrive à la surface de l'eau, sa peau se fend, et il en sort une forme à ailes complètement développées qui s'envole lourdement, puis va se poser sur quelque buisson. Ce n'est pas encore, malgré les apparences, l'état parfait ou imago, mais un *subimago* qui mue une dernière fois pour donner l'Ephémère définitive. Unique exemple d'un Insecte se dépouillant de son enveloppe chitineuse après avoir volé.

Ce phénomène a été interprété comme le rappel d'un temps où les Ptérygotes auraient encore mué après être arrivés à l'état parfait ; tels beaucoup de Crustacés et de Myriapodes et même certains Thysanoures muent et continuent à grandir après leur puberté ; mais rien de semblable n'a pu être constaté jusqu'ici chez les Paléodictyoptères houillers. D'ailleurs, en y réfléchissant bien, l'on arrive à cette conclusion qu'une mue des ailes chez l'imago aurait été une défectuosité de l'organisme, et cela pour divers motifs, le principal étant que l'aile aurait dû forcément rester épaisse et lourde, partant mal adaptée au vol, sans parler des inconvénients résultant de l'interruption de l'activité de l'animal à chaque dépouillement. Nous croyons donc qu'il s'agit simplement d'une particularité acquise secondairement par les Ephémères, d'une adaptation en rapport éthologique avec leur mode spécial d'émergence dans le milieu aérien : il y aurait eu accélération dans le développement des ailes chez la larve, de manière à permettre le vol de la nymphe, et cet effort prématuré est peut-être en partie la cause de la disparition des appendices buccaux et de la brièveté de la vie à l'état parfait.

Heymons emploie le terme de *prométabolie* pour désigner l'ensemble des transformations subies par les Ephémères.

V

Hémimétaboles sont également les Hémiptères de la famille des *Cicadidae*, mais par une adaptation de la larve toute différente de celle que nous trouvons chez les Insectes amphibiotiques.

Les premiers états des Cigales sont souterrains ; la larve, qui s'attaque aux racines, offre comme caractères hétéromorphiques principaux : la transformation des pattes antérieures qui permet le fouissement, et l'apparition tardive des rudiments d'ailes qui ne se montrent à l'extérieur qu'après l'avant-dernière mue, au stade désigné habituellement sous le nom de nymphe. Cette nymphe reste immobile, comme chez les Thysanoptères, pendant un certain temps, mais elle n'éprouve pas de métamorphose, son évolution se faisant graduellement, sans destruction de tissus ; elle redevient active dans la suite et arrive à la surface du sol pour donner l'insecte parfait.

VI

Les Cochenilles sont des Hémiptères dont les transformations ressemblent considérablement à celles des Holométaboliques, car elles subissent comme ceux-ci une métamorphose greffée sur de l'hétéromorphose, et beaucoup de zoologistes ont été tentés d'assimiler le facies de leur évolution postembryonnaire à l'holométabolie ; mais, si la métamorphose des Cochenilles est fort semblable à celle des Insectes supérieurs, l'hétéromorphose est très différente. C'est en effet le prosopon qui, chez ces Hémiptères, s'est transformé en larve, comme chez les Cigales, les Perles, les Libellules et les Ephémères, tandis que la larve des Holométaboliques a un point de départ différent, ainsi qu'on le verra ci-après.

Berlese a créé, en conséquence, pour les Cochenilles l'expression de *néométabolie ;* mais, avec M. Henneguy, nous ne voyons dans cette néométabolie qu'un phénomène de convergence et non une transition vers l'holométabolie.

Il y a lieu de considérer à part le développement du mâle et de la femelle chez les *Coccidae*.

A sa naissance, le mâle n'offre point de caractères hétéromorphiques, mais il ne tarde pas à

se fixer à un végétal au moyen du rostre, et il se transforme alors, par adaptation à ce genre de vie immobile, en une larve qui a plus ou moins la forme d'un bouclier et qui fréquemment perd les pattes et les antennes; les ailes ne se montrent pas. La croissance terminée, après plusieurs mues, se présente un stade d'inactivité totale, le rostre ayant disparu, stade comparable à la nymphe des Holométaboliques, car il s'y produit une refonte de l'individu avec histolyse de l'organisation larvaire provisoire, et l'on en voit sortir un Insecte sans rostre, mais pourvu d'ailes, d'antennes et de pattes.

La femelle peut offrir les mêmes avatars que le mâle, ainsi que l'a montré Valéry Mayet pour les *Porphyrophorinae* et les *Margarodinae;* mais elle n'acquiert jamais d'ailes. Toutefois, dans la majorité des cas, elle persiste pendant toute son existence avec la structure de la larve, sans passer à l'état de nymphe ni à l'état parfait. Ces femelles de Cochenilles ont donc conservé dans leur évolution l'hétéromorphose, mais elles ont perdu la métamorphose.

VII

Nous en arrivons maintenant à l'*holométabolie*, ensemble de transformations qualifié improprement de métamorphoses complètes, qui partage si heureusement la vie de l'Insecte supérieur en trois périodes, et qui lui a valu un succès presque insolent dans la lutte pour l'existence : sous forme de larve, cet être privilégié grandit et accumule de l'énergie; il se perfectionne dans le sommeil de la nymphe, et il arrive rajeuni à l'état d'imago pour se reproduire.

Les Insectes que nous rangeons dans la catégorie des Holométaboliques, par opposition à celle des Hétérométaboliques qui comprend les autres Ptérygotes, sont d'une part les Névroptères et les Coléoptères, formant le type plus ancien des Schizothoraciques, d'autre part les Holothoraciques, avec les Panorpoïdes (les Mécaptères, les Trichoptères et les Lépidoptères, plus les Aphaniptères et les Diptères) et les Hyménoptères.

Tous ces Hexapodes ont une larve affectée d'un ensemble de caractères hétéromorphiques très originaux qui ne dérivent pas de ceux des Insectes hémimétaboles.

Alors que, chez les Hétérométaboliques, le prosopon ou même la larve à sa naissance rappellent toujours la structure de l'adulte, tout en étant encore plus ou moins imparfaits, dans l'holométabolie, l'individu au sortir de l'œuf offre un aspect très différent de l'imago, et cet aspect il le conserve pendant toute sa croissance jusqu'à la transformation en nymphe, sans transiter extérieurement vers l'état parfait : il a une physionomie embryonnaire et ressemble plutôt à un ver qu'à un Insecte; sa peau, au moins sur le ventre, est singulièrement mince : aussi redoute-t-il la sécheresse et le soleil, menant une existence très cachée.

Cette larve, comme celle des Cigales et des Cochenilles, ne montre pas de rudiments d'ailes au dehors. Les appendices, antennes, pattes et cerques, non semblables à ceux des adultes, sont particulièrement courts et formés d'un petit nombre d'articles, même lorsqu'ils sont un peu allongés. Les stemmates frontaux manquent toujours, et à la place des yeux composés, que possèdent cependant le prosopon et les larves des Hétérométaboliques, l'on trouve latéralement des ocelles qui ont une structure très spéciale : ce sont des yeux nouveaux, qui remplacent les yeux à facettes de l'imago et qui sont affectés d'une myopie excessive. Nous avons ici le rappel d'une transformation qui s'est produite dans l'évolution des Arachnides, des Myriapodes et de la plupart des Insectes Aptérygotes : par adaptation à la vie terrestre, l'œil composé des ancêtres aquatiques de ces Arthropodes s'est décomposé en yeux simples, les Insectes ailés au contraire conservant l'œil à facettes des Crustacés qui dans le milieu aérien continue à leur être utile pour la vision à distance.

Le tube digestif de la larve est bien plus simple que celui de l'insecte parfait, les muscles sont différents, et d'une manière générale les cellules de beaucoup d'organes sont plus grandes et moins nombreuses.

Ces manifestations hétéromorphiques intenses se complètent par une disposition interne de la plus haute importance. La larve renferme une réserve de cellules embryonnaires qui n'ont pas été utilisées pour la constituer ; ces cellules forment les histoblastes ou disques imaginaux, qui sont répartis dans l'animal en des endroits marquant l'emplacement des futurs organes de l'adulte et qui sont en même temps en connexion anatomique avec les organes correspondants de la larve quand celle-ci les possède. Aux appendices et au tube digestif de la larve, par exemple, sont annexés des histoblastes qui plus tard évolueront pour donner les appendices et le tube digestif de l'imago, et il y a également des disques imaginaux qui produiront les ailes futures. Tout est comme si l'animal avait subi un arrêt dans son développement normal et était resté inachevé, en même temps qu'un certain nombre de ses ébauches embryonnaires étaient en partie détournées de leur destination pour lui constituer des organes provisoires.

La larve des Holométaboliques n'est donc pas comparable au prosopon ni à la larve des Hétérométaboliques, puisque ceux-ci sont des organismes dont le développement embryonnaire est terminé, et qui présentent notamment les appendices et le tube digestif de l'imago. Elle correspond à un embryon qui serait sorti de l'œuf avant d'être arrivé au stade prosopon, et dont certains organes auraient été dédoublés alors qu'ils étaient encore dans un état indifférent. Cela explique pourquoi la larve pendant toute sa croissance ne transite pas vers l'adulte, sauf dans le développement lent des ébauches imaginales qui évoluent intérieurement.

Berlese a apporté de bons arguments en faveur de cette manière de voir, qui n'est d'ailleurs que la reproduction d'une idée ancienne que l'on avait oubliée, et qui considérait la larve des Holométaboliques comme un embryon vivant hors de l'œuf. D'autres Animaux, d'ailleurs, nous offrent des phénomènes du même genre, les Acariens par exemple, qui ne possèdent encore à leur naissance que trois paires de pattes, alors que leurs ancêtres devaient en montrer quatre, comme les autres Arachnides.

VIII

Une hétéromorphose aussi prononcée appelle forcément un processus d'évolution révolutionnaire pour faire disparaître les organes larvaires, une métamorphose compliquée, entraînant un stade de repos prolongé pour compenser en même temps le retard apporté dans la constitution de l'adulte.

Après son avant-dernière mue, la larve de l'Holométabolique, bourrée de réserves alimentaires accumulées dans son tissu adipeux, est transformée en une nymphe inactive comme celle des Cochenilles, et qui présente extérieurement à peu près toutes les apparences de l'imago : elle en a en effet les yeux, les antennes, les pattes et les ailes. Les disques imaginaux correspondant à ces organes ont évolué en effet, principalement pendant la dernière période de la vie larvaire, mais sans toutefois que leur évolution soit complètement terminée, loin de là. La nymphe a donc rattrapé et même dépassé le stade prosopon, puisqu'elle est comparable à la dernière phase adolescente d'un Insecte paurométabole ou hémimétabole, voire au subimago des Ephémères.

Que se passe-t-il à l'intérieur? Deux phénomènes concomitants : la destruction des organes larvaires et la constitution définitive de l'état parfait. Les organes larvaires les plus spécialisés s'atrophient totalement : il en est ainsi non seulement pour les appendices, mais encore pour le revêtement du tube digestif qui est expulsé ; la musculature est partiellement détruite par un procédé d'histolyse, auquel sont mêlés les globules du sang, sur les détails duquel les savants n'ont pas encore pu se mettre d'accord, mais il en subsiste des éléments qui forment la musculature imaginale. D'autre part, s'édifient aux dépens des ébauches préexistantes les organes propres à l'adulte, l'appareil génital, les yeux et les appendices, ainsi que le nouveau revêtement du tube digestif. Enfin d'autres organes sont maniés par des processus divers, le cœur, le système nerveux et les tubes de Malpighi. Les réserves albuminoïdes du corps adipeux sont utilisées en partie pour la nutrition des tissus en voie d'évolution.

La cause biologique déterminant la métamorphose nous est inconnue. Diverses hypothèses ont été émises à cet égard, mais aucune d'entre elles ne nous paraît satisfaisante. L'on peut cependant admettre que la concurrence des organes imaginaux met les organes larvaires dans un état d'infériorité physiologique qui contribue à leur destruction ; mais quel est l'excitant qui intervient pour faire passer la larve à l'état de nymphe, c'est ce que nous ignorons. Nous constatons parfois que, dans un même lot de chenilles, les unes se chrysalident en temps voulu, tandis que les autres s'obstinent au contraire à passer l'hiver pour ne se transformer que l'année suivante. Pourquoi? Il y aurait peut-être là matière à des recherches expérimentales, comme nous le suggérait M. Rabaud.

IX

Il ne suffit pas d'expliquer comment la chenille se transforme en papillon, il faut aussi essayer de découvrir comment le papillon s'est déguisé en chenille. La métamorphose n'est qu'une conséquence de l'hétéromorphose, et c'est de celle-ci qu'il convient de rechercher l'origine. Nous ne pouvons faire à cet égard que des hypothèses, la Paléontologie étant incapable, actuellement du moins, de nous éclairer sur ce point, mais c'est déjà quelque chose que de montrer comment le problème peut être posé.

Nous avons vu que la larve holométabole n'est pas arrivée à sa naissance au stade de prosopon, et par conséquent qu'elle a dû sortir à l'origine hâtivement de l'œuf dans un état plus ou moins embryonnaire. Il s'agit de rechercher dans quelles circonstances éthologiques cette innovation aura été favorable à l'animal, et quelle fut l'adaptation primitive correspondant à l'acquisition de ses particularités hétéromorphiques, car la raison d'être d'un caractère est due à l'utilité que

ce caractère présente pour l'organisme dans des conditions d'existence déterminées.

Le problème est très simple pour les Hétérométaboliques : la larve des Insectes amphibiotiques est adaptée à la vie aquatique, celle des Cigales à la vie souterraine, celle des Cochenilles à une existence sédentaire, parasite externe des plantes.

Actuellement, les Holométaboliques ont sous leurs premiers états les mœurs les plus variées, et cependant leurs larves offrent toutes cet ensemble très original de caractères communs que nous connaissons, ce qui nous a fait penser depuis longtemps que le groupe était monogénétique. Handlirsch est d'un avis tout autre : en se basant sur la Paléontologie, il croit que les Névroptères, les Coléoptères, les Panorpoïdes et les Hyménoptères descendent de quatre Hétérométaboliques différents; mais, en nous appuyant aussi sur la Paléontologie, nous avons cherché antérieurement à réfuter ces assertions et montré que tous les Holométaboliques, au contraire, se rattachent à un même type, probablement aux Mégasécoptères, Insectes du Houiller supérieur dont nous devons la connaissance à Ch. Brongniart.

Quelles devaient être les mœurs de la larve de l'Holométabolique primordial?

Cet animal, de constitution embryonnaire, à courtes pattes et à peau mince, craignant le soleil et voyant mal, n'était pas fait pour une vie vagabonde; il devait trouver dès sa naissance, dans un milieu plus ou moins humide, un abri et une nourriture abondante. Ce ne pouvait donc pas être un carnassier coureur de grands chemins; aquatique, il n'aurait pas perdu les yeux à facettes; souterrain, il n'aurait pas eu les appendices raccourcis; parasite d'autres Animaux, c'est invraisemblable; parasite externe des plantes, il aurait été suceur; — il devait être parasite interne de Végétaux dans lesquels la tarière maternelle le déposait à l'état d'œuf, et il vivait vraisemblablement dans le tronc des Cycadées. C'est l'hypothèse que nous soutenons depuis 1892.

Là il pouvait naître hâtivement, car il trouvait immédiatement un couvert humide et le vivre pour lequel un tube digestif simplifié lui suffisait; il ne lui fallait que de courts appendices et des yeux myopes; il avait avantage à conserver pendant toute sa croissance la forme de ver sous laquelle il était né, sans transiter vers la structure externe de l'adulte, ce qui l'aurait mis dans un état progressif d'infériorité, sans montrer au dehors ses rudiments d'ailes qui auraient été gênants et susceptibles de se déchirer.

Il y a un contraste frappant entre les Hétérométaboliques et les Holométaboliques au point de vue des mœurs : alors qu'un nombre immense d'Holométaboliques sont des parasites internes des Végétaux ou des Animaux, les Hétérométaboliques ont tous une vie extérieure; il faut en excepter les Termites qui, en principe, forent les troncs, mais leurs neutres sont précisément aptères.

La vie endophyte de la larve de l'Holométabolique primordial aurait pu, comme l'a fait remarquer M. Henneguy, l'amener à renoncer à acquérir les caractères de l'adulte et à ne pas subir de métamorphose; il serait à peu près le seul endoparasite qui n'aurait pas dégénéré définitivement, car nous ne connaissons guère d'exemple similaire que chez des Crustacés Copépodes, les *Monstrilla*; mais l'Holométabolique est aussi le seul parasite qui ait des ailes, incomparable moyen de dispersion que n'ont même pas abandonné les Ichneumonides.

Les premiers Hexapodes holométaboliques ayant été trouvés dans les terrains triasiques, Handlirsch a attribué l'origine de leur métabolie aux perturbations amenées dans la vie des Insectes par la période glaciaire de l'époque permienne, qui a fait disparaître beaucoup d'Hétérométaboliques : la larve aurait été une adaptation à une alimentation rapide et intensive, la nymphe un stade de préservation contre le froid. Nous ne voyons guère comment des influences atmosphériques auraient pu faire acquérir à la larve ses caractères si spéciaux, et nous constatons que ce n'est pas toujours sous forme de nymphe, au contraire, que les Insectes actuels passent la mauvaise saison. L'on peut admettre cependant que l'hypothèse de Handlirsch est favorable à notre thèse, les mœurs endophytes adoptées par l'Holométabolique lui ayant assuré un avantage sur les Hétérométaboliques dans la résistance aux vicissitudes d'un climat excessif.

X

Nous avons vu que le facies des transformations des Insectes paurométaboles avait progressé en hémimétabolie, en néométabolie ou en holométabolie, et qu'il avait aussi dégénéré en apométabolie; nous constatons de même une évolution de l'holométabolie, soit par complication, soit au contraire par régression.

L'excellent observateur des mœurs des Insectes, Fabre, a donné le nom d'hypermétamorphose à l'ensemble des phénomènes postembryonnaires multiples que montrent les Coléoptères de la famille des *Meloidae* ou Vésicants : de l'œuf sort une première larve émigrante, le triongulin, qui

après son arrivée dans un dépôt d'aliments ou d'œufs appartenant à un autre Insecte, se transforme en une deuxième larve, qui est sédentaire; celle-ci ayant terminé sa croissance, passe par un stade d'inactivité, la pseudochrysalide, d'où sort une troisième larve, peu différente de la deuxième; c'est alors seulement qu'apparaît la nymphe.

Il n'y a pas là d'hypermétamorphose, car la pseudochrysalide n'est nullement comparable à une nymphe : elle ne présente pas de phénomènes d'histolyse; c'est, comme l'a très bien démontré M. Künckel d'Herculais, un moment de repos dans l'évolution postembryonnaire, assez semblable au sommeil hivernal de certaines chenilles; que ce stade soit ou non suivi d'une mue, cela revient au même, et la troisième larve est en somme la même que la deuxième; ce qui est important, c'est la double hétéromorphose, le triongulin étant une adaptation nouvelle de la larve, en quelque sorte une larve de la larve véritable.

C'est de l'*hypermétabolie*, ce terme pouvant s'appliquer encore à tous les autres cas, celui des *Mantispa*, par exemple, où un Insecte holométabole présente deux stades larvaires successifs adaptés à des milieux différents.

Par contre, chez divers Holométaboliques, il peut y avoir une certaine simplification du facies évolutif, lorsque l'Insecte devient aptère; la simplification est encore plus grande quand l'animal, comparable en cela à la femelle des Cochenilles, renonce à se métamorphoser et se reproduit sous la forme de larve, qu'il conserve toute sa vie : c'est ce que montre la femelle de certains Coléoptères de la famille des *Lampyridae*.

Enfin, un cas tout à fait extraordinaire nous est offert par les *Termitoxeniinae*, Diptères se rattachant à la famille des *Muscidae*, qui par surcroît d'originalité sont hermaphrodites, phénomène unique parmi les Insectes. Ces étonnantes petites mouches sont des animaux domestiques de Termites qui les nourrissent : la surface de leur abdomen, lequel est renflé d'une manière excessive, laisse suinter une substance dont les Termites sont friands, et leurs ailes sont transformées en crochets au moyen desquels leurs hôtes peuvent les transporter dans leur habitation. De l'œuf relativement très volumineux de ces termitophiles sort directement l'insecte parfait!

Nous avons ici de la *cryptométabolie*, avatar suprême des Insectes. C'est l'occasion de répéter avec Linné : *Natura maxime miranda in minimis.*

Aug. Lameere,
Professeur à l'Université de Bruxelles,
Membre de l'Académie royale de Belgique.

REVUE D'OPTIQUE

I. — Optique de guerre

On peut appliquer au temps présent le vers du poète :

Le temps, qui change tout, change aussi nos humeurs.

Jadis, nous aimions suivre le développement pacifique des sciences, et tous nos esprits se tendaient à déchiffrer l'énigme de l'Univers. Aujourd'hui, nos pensées sont ailleurs, et nos travaux. Tout ce qui a force et jeunesse est au front, et ceux que l'âge ou les infirmités retiennent à l'arrière s'occupent, de leur mieux, aux œuvres de Défense nationale. Aussi, ne faut-il pas s'étonner que la production scientifique soit quasiment suspendue dans les pays belligérants. Pourtant, il reste encore quelques savants courageux pour tenir le drapeau de la science française; j'en trouve la preuve dans le discours prononcé, le 21 janvier 1916, à la Société de Physique, où M. Violle a rappelé, suivant l'usage, l'œuvre accomplie dans l'année écoulée; je ne puis mieux faire qu'en détachant de ce palmarès la partie qui se rapporte à l'Optique : « M. Daniel Berthelot a su captiver l'attention de la Société en développant les relations de l'énergie radiante avec les autres formes de l'énergie; il a rappelé comment il a été conduit à introduire la notion d'une entropie radiante analogue à l'entropie thermique; il a souligné l'importance de la fréquence des vibrations, remarquant que, si l'affinité de deux corps peut être mesurée par le potentiel électrique nécessaire pour produire l'électrolyse, elle peut l'être aussi par la fréquence vibratoire ou potentiel lumineux nécessaire pour produire la rupture par la lumière, c'est-à-dire la photolyse... M. Raveau a fait une étude approfondie des franges théoriques des miroirs parfaits en lumière homogène et il en a déduit le procédé à suivre pour régler sûrement les miroirs de Jamin. M. Leduc a présenté une remarque intéressante touchant une expérience

de Mascart relative à la non-influence du mouvement de la Terre sur les phénomènes optiques. M. Bigourdan, après avoir discuté les principales méthodes d'examen des objectifs, s'est arrêté à l'emploi de test-objets terrestres; il a été ainsi amené à l'établissement d'une mire universelle, dès aujourd'hui très employée; il a signalé aux physiciens diverses circonstances (éclairement, ouverture, grossissement) dont l'influence est à étudier... »

Ces études sont dignes d'intérêt, mais faut-il s'étonner que le plus clair de l'activité scientifique des belligérants s'applique d'abord aux œuvres de guerre? En France, la règle du silence pèse sur tous ces travaux, et on ne saura qu'après la guerre ce qui s'est fait dans les laboratoires; on nous apprend seulement que de grands efforts ont été nécessaires, dans le domaine de l'optique pratique, pour parer à la disette d'instruments d'observation et de mesure, dont les firmes allemandes avaient conquis le monopole; c'est ainsi que MM. Schneider et Cie, les puissants métallurgistes du Creusot, ont acquis le fonds industriel de la maison Lacour-Berthiot dont les objectifs jouissent d'une réputation méritée, et qu'ils font construire à Paris, boulevard Davout, une gigantesque usine grâce à laquelle ils rendront à l'optique française, trop habituée à travailler « en chambre », son ancienne suprématie.

Les revues anglaises, tenues sans doute à moins de discrétion que les nôtres, nous fournissent quelques renseignements sur les progrès occasionnels de l'optique technique; on y retrouve d'abord des détails sur la construction des télémètres, des périscopes et des appareils de projection[1]; de ce côté, la pratique de la guerre ne paraît pas avoir donné naissance à des dispositifs bien nouveaux. En ce qui concerne les appareils d'observation, la jumelle à prisme de Zeiss reste toujours le type préféré, en raison de sa faible longueur, de son pouvoir amplificateur élevé, de l'étendue du champ de vision et de l'accroissement du pouvoir stéréoscopique; la formation d'une image réelle a permis aux constructeurs anglais de disposer, dans le plan de cette image, un réticule constitué par des traits parallèles tracés sur une lame de verre, qui permet l'appréciation immédiate des diamètres apparents. D'autres modèles, encore plus perfectionnés, sont à grossissement variable; enfin, l'accroissement du pouvoir stéréoscopique a permis de transformer les jumelles en de véritables télémètres; à cet effet, des images tracées sur les deux verres réticulaires se combinent, par l'effet de la vision binoculaire, en des flèches qui paraissent plantées sur le champ de vision en relief et qui y marquent, en kilomètres, les distances des plans successifs à l'observateur; ce stéréotélémètre n'a, évidemment, aucune prétention à l'exactitude, mais il fournit une aide appréciable à l'appréciation instantanée des distances.

1. La *Revue générale des Sciences* a consacré, dans son n° du 15 Janvier 1915, un article aux *projecteurs lumineux en temps de guerre*.

II. — Les Atomes lumineux

Toutes ces questions d'ordre pratique retiennent nécessairement l'attention des belligérants. Seuls, les neutres, qui assistent d'un œil serein à la lutte de la civilisation humaine contre la barbarie organisée, ont assez de liberté d'esprit et de loisirs pour réfléchir aux graves problèmes qui forment le fond de la science, et qui lui donnent son véritable intérêt. En Optique, le plus passionnant, en même temps que le plus actuel de ces problèmes est sans contredit celui de l'origine de la lumière; mais il se présente à nous avec tant de complications qu'on ne peut l'aborder qu'en se plaçant dans les conditions les plus simples. Ces conditions se présentent lorsqu'un gaz raréfié est rendu lumineux par des décharges électriques. On observe alors un spectre de raies fines, mais non pas infiniment déliées, chacune de ces raies étant elle-même un véritable spectre qui s'étend sur un domaine fini de longueurs d'ondes. La structure de cet élément spectral impose à l'esprit une explication très simple; l'atome lumineux, *au repos*, émettrait des vibrations d'une période, c'est-à-dire d'une longueur d'onde, bien déterminée; il se révélerait donc à l'analyse sous forme d'une raie rigoureusement linéaire. Mais, en réalité, l'atome est mobile et participe de l'agitation moléculaire du milieu ambiant; en raison de l'effet Doppler-Fizeau, ce mouvement intervient pour modifier la longueur d'onde observée, accroissant celle des atomes qui s'éloignent, diminuant au contraire celle des atomes qui se rapprochent de l'observateur; et c'est ainsi que la raie linéaire s'étale en une bande spectrale de largeur finie.

J'ai montré, dans un précédent article[1], quel parti MM. Fabry et Buisson avaient tiré de cette interprétation, presque assurée, des phénomènes, pour déterminer quelques-unes des propriétés de l'atome lumineux; en particulier, il paraît établi, actuellement, que cet atome possède une masse très voisine de celle des molécules du gaz ambiant et que, loin d'être à température très élevée, il se trouve dans le même état thermique

1. *Rev. gén. des Sc.*, t. XXII, p. 862; 1912.

que la masse gazeuse qui l'environne. Tous ces résultats peuvent être déduits de la formule :

$$N = K\sqrt{\frac{M}{T}},$$

dans laquelle N représente l'ordre limite des interférences qu'on peut produire avec la radiation considérée, M la masse rapportée à celle de l'atome d'hydrogène et T la température absolue de l'atome lumineux, enfin K une constante calculée, que les savants français évaluent à $1,22 \times 10^6$ alors que Lord Rayleigh lui attribue la valeur $1,427 \times 10^6$.

La méthode expérimentale ainsi inaugurée a été suivie, depuis, par un certain nombre de physiciens, et elle a fourni quelques résultats intéressants; c'est ainsi que M. Thomas Merton, en comparant les interférences limites données par les raies *g*, H et K du calcium, arrive à conclure que ces deux dernières sont dues à des particules dont la masse n'est que la moitié de celle des éléments qui concourent à produire la raie *g*. Les deux spectres de l'argon, le spectre de l'hélium, donnent lieu à des constatations analogues; on peut donc conclure, au moins comme vérité provisoire, que les atomes lumineux d'une même masse gazeuse ne sont pas tous identiques, et qu'ils proviennent d'états d'agrégation différents d'un élément primordial; d'ailleurs, les admirables travaux de J. J. Thomson sur l'analyse des rayons électriques positifs confirment cette manière de voir par des moyens différents.

Cette méthode a reçu, précisément avant la guerre, une application fort intéressante. Aux confins des mondes visibles se tiennent les nébuleuses; leur spectre de raies les caractérise comme des masses gazeuses, et certains astronomes voient en elles le premier stade de condensation de la matière cosmique, et la matrice où s'organisent les mondes futurs; leur faible luminosité ne permet guère une étude spectroscopique approfondie; au contraire, par les méthodes interférentielles, aidées de la photogragraphie, on peut obtenir des résultats plus précis, déterminer avec exactitude les longueurs d'onde des raies et même, par l'évaluation de l'ordre d'interférence limite, apprécier la largeur de ces raies. Tel est le travail qu'ont accompli, à la Faculté des Sciences et à l'Observatoire de Marseille, MM. Fabry, Buisson et Bourget. Prenant comme source la grande nébuleuse d'Orion, ils ont photographié les anneaux d'interférences avec des poses de une à deux heures. L'étude de ces anneaux a d'abord permis de fixer les longueurs d'onde des raies du *Nébulium*, le corps inconnu dont le spectre, mélangé à celui de l'hydrogène, se retrouve dans l'émission des nébuleuses. D'autre part, la largeur des raies de l'hydrogène a permis de déterminer la température approximative de la masse nébuleuse, laquelle atteindrait, au maximum, 15.000 degrés; cette température une fois connue, la formule $N = 1,22\sqrt{\frac{M}{T}}$ donne, pour le poids atomique du nébulium rapporté à l'hydrogène, un nombre voisin de 3. D'autre part, une raie verte qui n'appartient ni au nébulium, ni à l'hydrogène, a donné, par une observation visuelle moins précise que les mesures photographiques, une valeur du poids atomique comprise entre 1 et 3. On peut voir, dans cet ensemble de résultats, une présomption favorable à l'hypothèse de Rydberg, qui admet l'existence, entre l'hydrogène et l'hélium, de deux éléments inconnus de poids atomiques 2 et 3. Enfin, et comme dernier résultat de cette analyse, le déplacement des raies fournit des indications intéressantes sur les mouvements de la nébuleuse par rapport au Soleil; il nous apprend que cet amas cosmique s'éloigne du Soleil avec une vitesse moyenne de 15,8 kilomètres par seconde; mais on constate, en outre, des variations sensibles de la vitesse radiale d'un point à un autre; elles nous prouvent que cet énorme magma gazeux n'est pas en repos relatif; dans certaines régions, les anneaux montrent des déformations dues à des anomalies de vitesse qui atteignent une dizaine de kilomètres par seconde; enfin, on peut caractériser de grands mouvements d'ensemble, qui indiquent une rotation générale de la nébuleuse autour d'un axe incliné du Sud-Est au Nord-Ouest.

Tels sont les résultats qu'on peut obtenir en appliquant le principe de Doppler-Fizeau à un petit nombre de raies. Mais, lorsqu'on envisage l'ensemble des raies émises par un gaz lumineux, on se trouve en présence d'une nouvelle condition du problème : ces raies ne sont pas distribuées au hasard, mais réparties en séries dont les plus connues et les mieux étudiées sont celles de l'hydrogène; j'ai reproduit, dans ma dernière Revue d'Optique, les formules qui représentent cette distribution; ces formules contiennent, outre des paramètres numériques, une constante $N = 109\,675$, qui nous apparaît dès lors comme une donnée numérique commune à tous les atomes lumineux. Mais la signification de cette donnée nous échappe, et les efforts des physiciens pour l'interpréter n'ont abouti, jusqu'ici, qu'à des résultats boiteux; on se souvient de la dernière de ces tentatives, celle de Walther Ritz, qui fabriquait l'atome lumineux avec des charges

électriques tournant autour d'un certain nombre d'aimants identiques, alignés bout à bout; en faisant varier le nombre de ces aimants, on faisait varier également la vitesse de révolution de ces charges, c'est-à-dire la période des ondulations électro-magnétiques qui constituent la lumière; on peut ainsi obtenir toutes les raies d'une même série.

Une explication nouvelle vient d'être proposée par un savant danois, M. Bohr. Comme Rutherford, M. Bohr attribue à l'atome une constitution analogue à celle du système solaire, c'est-à-dire qu'il se le représente comme formé d'électrons négatifs gravitant autour d'un centre positif; la rotation de ces électrons doit s'accompagner d'une émission d'énergie, c'est-à-dire d'un rayonnement dont la période est précisément celle de la rotation; mais, du fait même de l'émission, l'orbite de cette planète infinitésimale doit se resserrer, en même temps que la période diminue, et l'électron doit finalement tomber sur le centre autour duquel il gravite; ainsi, cette conception ne correspond pas à un atome stable, et, lorsqu'on envisage le rayonnement global d'un certain nombre d'atomes, elle doit fournir un spectre continu au lieu des radiations monochromatiques réellement observées. M. Bohr a échappé à ces conséquences en appliquant au rayonnement de l'atome de Rutherford l'hypothèse des *quanta* de Planck. On sait que, d'après cette hypothèse, l'énergie ne peut être rayonnée en quantité quelconque, mais seulement par parties indivisibles, les *quanta* ou atomes d'énergie, proportionnelles à la fréquence du mouvement périodique qui propage cette énergie : « Si l'on considère, par exemple, l'atome d'hydrogène avec un seul électron tournant autour d'une orbite supposée circulaire, l'état du système est défini par le rayon de l'orbite; à chaque valeur de ce rayon correspond une valeur définie de la période et de la vitesse de l'électron satellite. Le système, pour passer d'un état à un autre, doit rayonner de l'énergie, ce qui amène une diminution du rayon de l'orbite. M. Bohr admet, selon l'hypothèse de Planck, que cela n'est possible qu'autant que le produit de l'énergie rayonnée par la période est égal à un nombre entier de *quanta*. Si, à la suite d'un accident, tel qu'un choc violent contre une autre particule, le satellite a été momentanément éloigné de l'astre central, il ne pourra revenir à sa situation habituelle que par un ou plusieurs sauts rayonnant chacun un nombre entier de *quanta*. On arrivera finalement à un état où la force vive du satellite multipliée par sa période est exactement égale à un *quantum*; alors, l'atome ne peut plus rayonner, il est retourné à son état normal... En soumettant au calcul cette singulière hypothèse, M. Bohr trouve, dans le cas de l'hydrogène, exactement la répartition des lignes spectrales donnée par l'expérience et exprimée par la loi de Balmer. L'accord n'est pas seulement algébrique, il est numérique, c'est-à-dire que la théorie retrouve la mystérieuse constante de la loi de Balmer, qui se trouve exprimée au moyen de la charge et de la masse de l'électron, et du *quantum* de Planck[1]. »

Que la loi de Planck ne soit ici que l'expression momentanée d'une loi plus profonde et qui nous échappe encore, nul n'en saurait douter; c'est ainsi que M. Brillouin a montré, à propos des chaleurs spécifiques, que les résultats obtenus par Einstein au moyen de cette théorie peuvent être retrouvés par des raisonnements entièrement classiques. Il n'en reste pas moins que l'hypothèse de M. Bohr ouvre des aperçus très-suggestifs sur la constitution de l'atome lumineux. Précisément, un travail important de M. Fowler[2] a permis de soumettre cette explication à l'épreuve de faits nouveaux. Les lecteurs de ces Revues d'Optique se souviennent peut-être que M. Fowler[3] avait retrouvé, dans le spectre d'un mélange d'hydrogène et d'hélium, les raies observées en 1896 par Pickering dans le spectre de certaines étoiles, entre autres de ζ Puppis; ces raies étaient alors attribuées à l'hydrogène, et on croyait que la présence de l'hélium avait pour effet de les éveiller; mais la théorie de Bohr ne s'était pas montrée favorable à cette explication; elle conduisait à rattacher les nouvelles raies, non à l'hydrogène, mais à l'hélium. M. Fowler a voulu en avoir le cœur net; il a opéré avec de l'hélium soigneusement purifié, et il a retrouvé les raies en question; ainsi est établie une fois de plus l'erreur de ceux qui s'imaginent qu'un observateur doit opérer sans idée préconçue, s'il ne veut pas risquer de trahir involontairement l'expérience; en réalité, on n'expérimente pas pour voir ce qui se passe, mais pour confirmer ou infirmer une hypothèse; les nouveaux résultats obtenus par M. Fowler, en l'amenant à changer d'opinion, ont donné une autorité nouvelle à la curieuse théorie de M. Bohr. Du reste, les occasions de confirmer cette théorie ne manqueront pas; l'étendue du spectre analysé par les physiciens vasans cesse en s'accroissant, et sans parler des rayons X, auxquels notre collaborateur

1. Ch. Fabry : Les Atomes lumineux. *Scientia*, vol. XVIII, n° 44: 1915.
2. *Philos. Trans. of the Roy. Soc. of London*, vol. CCXIV, page 225.
3. *Rev. gén. des Sc.*, t. XXIV, p. 440; 1914.

M. Louis Brunet a consacré un intéressant article[1], rappelons que M. Th. Lyman, opérant dans une atmosphère d'hélium raréfié, a pu étendre depuis 900 jusqu'à 600 unités Angström l'échelle des longueurs d'ondes accessibles à l'analyse photographique; c'est un résultat de haute importance, mais il nous suffira de l'avoir signalé en passant, puisqu'il a déjà été analysé dans cette *Revue*[2].

III. — L'équivalent mécanique de la lumière

Si la nature de l'atome lumineux constitue le gros problème de l'Optique moderne, une autre question, d'ordre plus pratique, a concentré l'attention et les recherches d'un certain nombre de physiciens. Le rayonnement d'une source lumineuse peut être évalué en fonction de deux unités indépendantes, l'une photométrique qui est la bougie décimale, l'autre énergétique qui est le watt. Les mesures photométriques donnent l'intensité lumineuse dans une direction déterminée, d'où on peut déduire l'intensité moyenne sphérique, toujours en bougies, et le flux, en lumens, émis dans un angle solide égal à l'unité, de telle sorte que la bougie unité émet autour d'elle un flux total égal à 4π lumens; toutes ces déterminations peuvent être faites aisément en lumière blanche, mais lorsqu'on aborde les sources colorées, on se heurte à toutes les difficultés pratiques et à toutes les incertitudes théoriques de la photométrie hétérochrome.

D'un autre côté, les mesures effectuées en watts peuvent porter sur la puissance totale dépensée, sur la puissance totale rayonnée, sur le rayonnement visible global, ou enfin sur le rayonnement d'une radiation déterminée. En comparant les mesures photométriques et énergétiques, on peut ainsi obtenir de nombreux coefficients numériques, et ce qui vient d'être dit suffit pour montrer quelle est la diversité des problèmes qui se rattachent à cette question ; l'exposé en serait grandement simplifié, si toutes les données étaient exprimées à l'aide d'une seule unité, qui serait nécessairement le watt, dérivé du système C. G. S. Le problème primordial consiste donc à évaluer le lumen, unité photométrique de puissance rayonnée, en fonction du watt; de nombreux mémoires ont été consacrés à cette question, surtout en Amérique; leur synthèse, effectuée par MM. Ives, Coblentz et Kingsbury[3], conclut que

$$1 \text{ lumen} = 0{,}00162 \text{ watt}$$

avec une approximation de 2 %. Autrement dit, le rayonnement visible d'une bougie en une seconde est égal à $4\pi \times 0{,}00162 = \frac{1}{49}$ watt; ce nombre s'écarte assez peu de celui que MM. Fabry et Buisson avaient tiré en 1911 $\left(\frac{1}{55}\right.$ watt par bougie) de l'étude de la lampe de quartz à vapeur de mercure, et ainsi on voit que l'accord commence à se faire sur la valeur d'un coefficient de réduction sur lequel planait jusqu'à présent la plus regrettable incertitude, car les évaluation antérieures étaient comprises entre $\frac{1}{17}$ et $\frac{1}{72}$ de watt par bougie.

Toutefois, ces résultats ne seront pas acceptés sans de nouvelles expériences; ils sont, dès à présent, contestés par M. Peczalski, qui a communiqué à notre Académie des Sciences[1] les mesures effectuées, par une ingénieuse méthode calorimétrique, sur le rayonnement d'une lampe à incandescence. M. Peczalski compare les énergies visible et totale rayonnées par la lampe; la première est absorbée par une solution aqueuse à 2 % de $CuCl^2$ qui recueille toutes les radiations de longueur d'onde inférieure à $0{,}65\mu$; la seconde s'apprécie avec le même dispositif en noircissant le verre de l'ampoule. Cette méthode a fourni $\frac{1}{18}$ de watt pour l'équivalent mécanique de la bougie décimale, nombre très supérieur à celui qu'ont fourni les expériences américaines; l'exagération visible de ce résultat tient, sans doute, pour une grande part, à ce que les limites choisies par M. Peczalski pour le spectre visible contiennent, outre l'ultra-violet, une portion notable du spectre infra-rouge; en vérité, il est bien difficile de marquer des limites sûres pour le spectre visible, et comme l'énergie rayonnée est particulièrement intense à la limite du rouge, la moindre erreur d'appréciation dans cette région du spectre entraîne des variations colossales dans l'équivalent énergétique du lumen.

Admettons pourtant la valeur de cet équivalent proposée par les savants américains; on pourra alors évaluer le rendement lumineux des sources usuelles, c'est-à-dire le rapport de l'énergie visible rayonnée à l'énergie totale consommée, et apprécier ainsi la valeur comparative des divers illuminants; voici quelques-uns de ces rapports calculés par M. Ives :

1. *Rev. gén. des Sc.*, 30 novembre 1915, p. 645.
2. *Rev. gén. des Sc.*, 15-30 septembre 1915, p. 493.
3. *The Physical Review*, 15 avril 1915.

1. *C. R.*, 24 janvier 1916, p. 168.

ILLUMINANT	Rendement relatif (en lumens par watt)	Rendement absolu (en watts par watt)
Lampe à pétrole	0.26	0,0009
Bec Auer à basse pression	1,2	0,0019
Lampe à incandescence à filament de charbon	2.6	0.0042
Lampe à incandescence à filament de tungstène	8	0,013
Arc au charbon, globe ouvert	11.8	0,019
Arc au charbon, flamme colorée	31.4	0,051
Tube de Moore, à azote	5.21	0.0085
Lampe à mercure en quartz à haute tension	42	0,068

IV. — L'ENTRAINEMENT DES ONDES

Tous les ouvrages classiques décrivent l'expérience par laquelle Fizeau a vérifié les hypothèses de Fresnel sur l'entraînement des ondes lumineuses. Si on désigne par n les indices de réfraction du liquide dans lequel ces ondes progressent, par v la vitesse de ce liquide par rapport à l'observateur et par V la vitesse de la lumière dans le vide, on a, d'après Fresnel, pour la vitesse résultante des ondes u :

$$u = \frac{V}{n} \pm \left(1 - \frac{1}{n^2}\right) v$$

Ainsi la vitesse $\frac{v}{n}$ correspondant à un milieu en repos se trouve accrue ou diminuée d'une quantité $(1-1/n^2)v$, dont Lorentz a rendu compte en 1892, dans la théorie électromagnétique de la lumière. L'expérience de Fizeau a été reprise en 1889 par Michelson et Morley, dans des conditions améliorées, et les résultats ont, à nouveau, vérifié les hypothèses de Fresnel, puisque le coefficient $1-1/n^2$ fut trouvé égal à 0,437, alors que sa valeur calculée était 0,434.

Pourtant, la question n'était pas épuisée. Lorentz, reprenant ses calculs, démontra en 1895 que le « coefficient d'entraînement » de Fresnel, $1 - \frac{1}{n^2}$ devait être remplacé par $1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n}\frac{dn}{d\lambda}$; la formule ainsi complétée donnait 0,451 au lieu de 0,434, dans le cas des expériences de Michelson, et l'accord des expériences avec la formule devenait moins satisfaisant.

Cette considération a déterminé l'expérimentateur habile qu'est M. Zeeman à reprendre l'expérience en question, en opérant en lumière monochromatique. Les deux rayons interférents se propagent suivant les axes de deux tubes, longs de 3 mètres, dans lesquels le courant d'eau chemine en sens inverse, et on mesure, à l'aide de l'interféromètre de Michelson, le déplacement des franges produit par le renversement du courant liquide. La principale incertitude de ces expériences consiste dans l'évaluation de la vitesse axiale du courant d'eau en fonction de la vitesse moyenne donnée par le débit.

Voici les résultats de cette belle expérience :

λ en angströms	Coefficient d'entraînement		
	d'après Fresnel $\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$	d'après Lorentz $\left(1 - \frac{1}{n^2} - \frac{\lambda}{n}\frac{dn}{d\lambda}\right)$	Mesuré
4500	0.443	0.464	0.465
4580	0.442	0.463	0.463
5461	0.439	0.454	0.451
6870	0.435	0.447	0.445

Ils sont, comme on le voit, nettement en faveur de l'existence du terme complémentaire $-\frac{\lambda}{n}\frac{dn}{d\lambda}$. Ainsi, les doutes exprimés, pour des raisons théoriques, par MM. Max, Weinstein et Jaumann sur la réalité de ce terme doivent s'effacer devant les résultats obtenus par M. Zeeman. Tout ce qui touche au problème si délicat de la relativité mérite de retenir l'attention, car il n'est point de sujet où les gens d'un rare mérite puissent plus facilement tomber dans l'erreur ; aussi l'éminent physicien hollandais mérite-t-il toute notre gratitude pour avoir su mener à bien d'aussi délicates investigations.

L. Houllevigue,
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Gomès Teixeira (F.). — Sur les problèmes célèbres de la Géométrie élémentaire non résolubles avec la règle et le compas. — *1 vol. in-4° de 132 pages. Coïmbre. Imprimerie de l'Université*, 1915.

Dans cet ouvrage, M. Gomès Teixeira a exposé en détail toutes les solutions qui ont été données depuis l'antiquité de trois problèmes célèbres dans l'histoire des Mathématiques : la duplication du cube, la trisection de l'angle et la quadrature du cercle. — Le premier de ces problèmes, qui fait l'objet du chapitre I, a pour origine la construction d'un cube double d'un autre; le second (chap. II), la division d'un angle en trois parties égales; les diverses solutions qui en ont été proposées équivalent, au fond, à des méthodes de résolution graphique de l'équation du 3e degré. L'auteur le montre clairement par la traduction dans le langage de la Géométrie analytique des solutions proposées, qu'il examine en suivant l'ordre chronologique; il parvient ainsi à mettre en évidence les diverses courbes connues : conchoïdes, cissoïdes, strophoïdes, trisectrices, etc..., auxquelles ces problèmes ont souvent donné naissance, et il indique pour chacune d'elles des procédés mécaniques de génération; en même temps, il expose certaines méthodes géométriques de résolution des problèmes considérés par approximations successives, et il examine aussi les généralisations connues de ces problèmes : c'est ainsi, par exemple, que le problème de la duplication du cube conduit à celui des n moyennes, et que le problème de la trisection de l'angle est un cas particulier du partage d'un angle en deux parties dont le rapport est donné. En dernière analyse, M. Gomès Teixeira montre, après Descartes et Newton, que les deux problèmes de la duplication et de la trisection peuvent se résoudre par l'intersection d'une conique arbitrairement choisie et d'un cercle approprié, et qu'il en est de même, par suite, pour la résolution d'une équation du 3e degré quelconque, qui peut toujours être rattachée aux problèmes en question.

Le célèbre problème de la quadrature du cercle (chap. III) : « Construire un carré équivalent à un cercle donné », est étudié de la même manière. Après avoir montré l'usage que firent les Anciens des premières quadratrices, M. Gomès Teixeira expose les méthodes d'Archimède pour le calcul de π, les principales applications qu'on en a faites et les perfectionnements qui y furent successivement apportés; il développe la méthode des isopérimètres, en indique l'expression trigonométrique avec ses conséquences (développements de $\frac{1}{\pi}$ en produit infinis ou en séries, etc...), puis celle des isosurfaces, et enfin il étudie les diverses méthodes de calcul de π empruntées à l'Analyse.

Le quatrième et dernier chapitre est consacré à démontrer l'impossibilité de résoudre par la règle et le compas les problèmes considérés précédemment. L'auteur établit, d'après Petersen, que, pour qu'une équation irréductible soit résoluble par radicaux carrés, il est nécessaire que son degré soit une puissance de 2, et il en conclut que tout problème résoluble par la règle et le compas doit dépendre d'une équation satisfaisant à cette condition. Ceci s'applique immédiatement à la duplication et plus généralement au problème des n moyennes, puis à la trisection et à la division de l'angle en n parties égales; le problème de la division de la circonférence entière en n parties égales est examiné à part, et la nécessité de la condition connue de Gauss est alors démontrée. Enfin, après avoir fait l'historique des tentatives de quadratures du cercle à partir de la Renaissance, l'auteur établit le théorème de Lindemann sur la transcendance de π, suivant la méthode de Gordan, qu'il simplifie le plus possible. M. Gomès Teixeira termine par l'indication d'une curieuse quadratrice susceptible d'une génération continue (Abdank Abakanowicz), et aussi d'une méthode de rectification approximative de la circonférence, due à Spetcht (*Journal de Crelle*, 1836), qui donne un résultat très approché.

Il fallait toute la riche érudition et aussi l'ingéniosité du savant professeur de Coïmbre pour écrire cet intéressant ouvrage qui sera consulté avec fruit par les chercheurs, désireux d'être bien renseignés sur des questions dont le rôle historique est important dans le développement des Mathématiques.

M. Lelieuvre,
Professeur au Lycée et à l'Ecole des Sciences de Rouen.

2° Sciences naturelles

Hardy (Georges), *Agrégé d'Histoire et de Géographie* **(avec divers collaborateurs). — Géographie de l'Afrique Occidentale.** — *1 vol. in-8° de 78 p., avec carte hors texte. Editions du* Bulletin de l'Enseignement de l'Afrique Occidentale Française, *octobre* 1913.

Léguillette (André), *Instituteur, délégué à l'Ecole Normale de Gorée.* — **Histoire de l'Afrique Occidentale Française.** — *1 vol. in-8° de 108 p. Editions du* Bull. de l'Ens. de l'A. O. F., *Dakar, Impr. Ternaux, novembre* 1913.

Le *Bulletin de l'Enseignement de l'Afrique Occidentale Française*, qui a commencé à paraître en janvier 1913, et dont la création, due à la décision de M. le Gouverneur général Ponty, a eu pour objet d'accroître la cohésion des efforts entre les divers éléments de l'enseignement, a pour programme, ainsi que l'a dit M. Ponty lui-même, de tenir les instituteurs au courant des méthodes pédagogiques, des questions d'hygiène, d'agriculture, des résultats de notre action civilisatrice; il contient d'intéressants articles documentaires sur des matières variées, histoire, ethnographie, folklore, etc. Il a eu aussi le mérite d'éditer de fort utiles ouvrages destinés à guider l'enseignement à l'Ecole indigène (Composition française, par J. Toulze; Dessin), ou à fournir aux maîtres des données précises concernant notre grande colonie, pour qu'ils les propagent dans leur enseignement. A cet ordre d'idées correspondent deux volumes relatifs l'un à la géographie, l'autre à l'histoire de la colonie, œuvres de condensation remarquables, qu'il serait désirable de voir répandre aussi dans la métropole.

M. Georges Hardy, qui est inspecteur de l'enseignement en A. O. F. et qui, à ce titre, dirige le *Bulletin de l'Enseignement*, a étudié à tour de rôle, dans sa *Géographie*, les diverses colonies qui constituent l'Afrique Occidentale Française, envisageant pour chacune le pays, les habitants, le développement économique. Il a donné des aperçus d'une grande précision scientifique sur la géographie physique, le climat, les races, les produits naturels, et montré que l'Afrique Occidentale Française, ce pays naturellement si riche, ne verra se réaliser son entière mise en valeur que le jour où les habitants se mettront plus résolument au travail.

M. André Léguillette a tracé, dans son *Histoire*, un remarquable tableau de l'évolution de l'Afrique Occidentale Française, qui suppose une profonde connaissance du sujet. Remontant dans le passé, il donne des notions précises sur ce que furent les grands royaumes noirs, sur les invasions des Arabes et des Peuhls, sur le

rôle des prophètes et conquérants. Puis il suit pas à pas les débuts et les progrès de la colonisation et nous montre les colonies se formant peu à peu; en un mot, il nous peint l'œuvre de transformation et de mise en valeur par la France de tous les pays qui s'étendent entre le Sahara, l'Atlantique et le Tchad.

G. Regelsperger.

La Suisse forestière. — *1 vol. de 210 pages avec 17 fig., 5 cartes et 6 planches hors texte. (Prix : 5 fr.). Librairie Payot, 1, rue du Bourg, Lausanne.*

Ce volume est un ouvrage de vulgarisation et de propagande. Sa publication a été décidée en 1909 par la Société Suisse des Forestiers et il a paru à l'occasion de l'Exposition Nationale Suisse de 1914, exposition où une place importante avait été réservée au groupe « Forêts », dont il a été, en quelque sorte, un heureux corollaire.

En Suisse, depuis un demi-siècle, de grands progrès ont été réalisés en Sylviculture. En même temps que s'amélioraient les moyens de communication et que se développaient le commerce et l'industrie, l'importance des forêts grandissait : leur protection et leur extension s'imposant faisaient naître une nouvelle législation forestière fédérale, applicable à toute la Confédération. Or, à part l'ouvrage du Professeur Landolt, publié en 1866, il n'existait en Suisse aucune publication capable de donner une vue d'ensemble de l'Economie forestière de ce pays; c'est cette lacune qu'est venue combler *La Suisse forestière.*

Ce livre a été rédigé par M. Ph. Flury, adjoint à la Station fédérale de recherches forestières de Zurich, en collaboration avec MM. le Dr J. Coaz, Inspecteur forestier fédéral en chef à Berne, Th. Felber, A. Engler et Decoppet, professeurs à Zurich. Il a été traduit en français par M. H. Bardoux, Inspecteur forestier à Montreux.

Dans une intéressante introduction, les auteurs, après quelques données historiques, comparent l'évolution générale des forêts en France, en Allemagne et en Suisse depuis un siècle; puis, sous la rubrique « superficie », ils fournissent des renseignements statistiques très complets sur la surface boisée de la Suisse, la distribution des forêts, leur rôle protecteur et le taux de boisement.

Ils abordent alors la sylviculture proprement dite, passent en revue les éléments constitutifs de la forêt et les principaux facteurs qui influent sur son développement, puis ils étudient l'aménagement des forêts suisses et les modes de traitement qui y sont appliqués; ils montrent l'intérêt qu'il y a à adopter des méthodes basées sur les indications que donne la nature, et les inconvénients qu'a amenés en Suisse la généralisation du système des coupes rases avec régénération artificielle, cause de la prédominance fâcheuse donnée, dans ce pays, à l'épicea au détriment du chêne, du hêtre et même du frêne.

Les auteurs renseignent ensuite sur l'organisation de l'enseignement scientifique et professionnel du personnel forestier et sur le fonctionnement de la Station de recherches forestières de Zurich. Ils abordent alors la législation forestière et la gestion des forêts : après un court aperçu historique de la question, ils montrent combien récentes sont les lois fédérales forestières, puis ils passent en revue les organisations forestières fédérales et cantonales, enfin ils énumèrent différentes prescriptions du code civil suisse et des lois cantonales, qui intéressent les domaines boisés. Ils donnent aussi d'intéressants renseignements sur l'importance accordée, en Suisse, aux divers travaux de reboisement et de restauration des terrains en montagne, en vue de restreindre les dégâts causés par les avalanches, les éboulements et les inondations.

Enfin, après une étude de l'accroissement moyen des peuplements, de leur production en matière et en argent, des variations des prix du bois, ils examinent le rôle de la forêt au point de vue économique et social; ils signalent, en particulier, l'excédent de la consommation sur la production du bois en Suisse, et affirment qu'il est possible de supprimer à l'avenir l'importation des bois par une amélioration de la gestion des forêts communales, amélioration dont résulterait une utilisation des produits forestiers mieux comprise, tant au point de vue technique que commercial. Ils insistent aussi sur les heureux résultats dus à la création des « fonds de réserve forestiers », qui, tout comme ceux des sociétés par actions, ont pour but de rétablir l'équilibre financier entre les bonnes et les mauvaises années. Enfin ils consacrent quelques lignes aux bois des particuliers qui, très morcelés, ne constituent en Suisse que 27,5 % de l'étendue boisée totale, alors que les forêts particulières en couvrent 64,7 % en France.

Les auteurs concluent en se félicitant des progrès réalisés, en Suisse, par la Sylviculture, depuis un demi-siècle, et ils énumèrent un certain nombre de vœux destinés à donner un nouvel essor, dans l'avenir, à l'Economie forestière de la Confédération.

Cet ouvrage, très méthodique et très clair, complété par d'excellentes cartes et quelques illustrations bien choisies, est rédigé simplement et d'une lecture facile : il donnera au lecteur une idée précise de la situation actuelle de la forêt dans l'économie nationale de la Suisse, et le renseignera sur les différentes questions de la gestion forestière de ce pays, tant au point de vue de l'instruction du personnel que des recherches scientifiques et de la gestion administrative proprement dite.

Le lecteur trouvera, parmi les vœux formulés dans la conclusion de ce livre, quelques idées excellentes dont on pourrait faire son profit dans d'autres pays que la Suisse; il y verra aussi l'heureux résultat qu'a produit l'application judicieuse et méthodique des principes fondamentaux de la Sylviculture, tels qu'ils résultent de recherches scientifiques bien conduites et toujours encouragées, par un personnel subalterne et supérieur parfaitement adapté à la gestion forestière, soigneusement perfectionné dans ce but, et nullement surchargé, comme dans d'autres pays, par une paperasserie absorbante et de multiples fonctions qui n'ont que de lointains rapports avec la Sylviculture[1].

M. Mangin,
Inspecteur adjoint des Eaux et Forêts à Chantilly.

1. *La Suisse Forestière* a été tirée à 3.000 exemplaires en langue allemande et à 1.500 en langue française; bien que paru en 1914, il n'a été mis en vente, par suite de la guerre, que vers la fin de 1915.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 22 Mai 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **T. Bialobjeski** : *Influence de la pression de radiation sur la rotation des corps célestes.* La radiation émise par un corps en mouvement produit une pression à sa surface, de même qu'un canon est poussé en arrière au moment du tir. Si un élément de surface se meut dans son plan, il subit l'action d'une force tangentielle opposée à la direction de son mouvement, par suite du raccourcissement des ondes émises dans des directions qui forment un angle aigu avec la vitesse de l'élément. Si l'on calcule le frottement dû au rayonnement à la surface du Soleil, on voit qu'il est bien faible en valeur absolue; mais, comme il agit continuellement dans le même sens, son effet peut devenir considérable au cours des siècles. L'auteur pense qu'il doit jouer un rôle dans l'établissement du régime de la rotation solaire, dont la vitesse angulaire va en décroissant de l'équateur au pôle.

2° Sciences physiques. — M. **T. Peczalski** : *Effet de la température sur la structure des paraffines.* La paraffine coulée dans un tube à essais, chauffée pendant un certain temps à une température inférieure à son point de fusion, subit des transformations qui se manifestent avant tout par la production d'excavations dans la masse. Il en résulte une augmentation de la densité qui, pour la paraffine fondant à 54°, semble tendre vers 0,910. On constate simultanément une forte diminution de la conductibilité électrique. Les changements observés tiennent à ceci : la paraffine à l'état habituel est en partie amorphe, en partie cristallisée; l'échauffement prolongé à une température inférieure au point de fusion produit la cristallisation des parties surfondues, l'agrandissement des cristaux et peut-être le changement de leurs orientations. — M. **M. Siegbahn** : *Sur l'existence d'un nouveau groupe de lignes (série M) dans les spectres de haute fréquence.* Dans des recherches systématiques sur le spectre de l'uranium, l'auteur a trouvé un nouveau groupe de lignes qui correspond à la série hypothétique M; en effet, la nouvelle série se place, par rapport à la série L, comme celle-ci par rapport à la série K. Le dispositif expérimental est basé sur la réflexion des rayons par une lame de gypse et leur analyse par un spectrographe dans le vide. Les longueurs d'ondes observées sont : α, $3{,}905 \times 10^{-3}$; β, 3,715; γ_2, 3,480; δ_1, 3,363; δ_2, 3,324. L'étude des éléments Th, Bi, Pb, Tl, Au a montré que cette série est représentée dans leur spectre. — MM. **A. Schidlof** et **A. Targonski** : *Mouvement brownien des particules d'huile, d'étain et de cadmium dans différents gaz et à diverses pressions.* La théorie d'Einstein du mouvement brownien s'applique aux particules sphériques (sphérules d'huile) sans restriction. Elle s'applique de même à des particules non sphériques de forme pas trop irrégulière (particules d'étain et de cadmium), quel que soit le milieu gazeux. La valeur de la charge élémentaire des ions gazeux s'accorde avec celle obtenue d'après d'autres méthodes plus précises dans les limites d'exactitude des mesures. — M. **F. Pisani** : *Sur un nouveau mode de dosage du fluor.* Lorsqu'on verse de l'azotate de thorium dans une solution d'un fluorure alcalin, légèrement acidulée par de l'acide acétique, ou azotique, on obtient un précipité gélatineux et volumineux de fluorure de thorium $ThF^4.4H^2O$, qui tombe rapidement au fond du vase. La liqueur surnageante est limpide : on peut donc, en décantant dans un verre, s'assurer de la fin de l'addition du réactif. On filtre ensuite à la trompe sur filtre taré et pèse après simple dessiccation; il est toutefois préférable de calciner avec le filtre et de chauffer fortement : on obtient ainsi la thorine ThO^2. Pour doser le fluor dans les fluorures insolubles dans l'eau, il faut les fondre préalablement dans un creuset de platine avec du carbonate de soude.

3° Sciences naturelles. — M. et Mme **F. Moreau** : *Les phénomènes de la sexualité chez les Lichens du genre* Solorina. Le développement de la partie fertile de l'apothécie du *Solorina saccata* comprend : la naissance, à la base de paraphyses développées, d'hyphes ascogènes à cellules binucléées, aux dépens des hyphes végétatifs, à cellules uninucléées, de la couche gonidiale sous-jacente; la production des asques à l'extrémité des hyphes ascogènes; la fusion des noyaux dans chaque asque; enfin la formation de 4 spores par asque, d'abord uninucléées, puis binucléées, enfin bicellulaires. Dangeard ayant montré que la fusion des noyaux dans l'asque a la valeur d'un acte sexuel, le cas offert par le *Solorina saccata* se laisse donc ramener aisément à celui de la plupart des Ascomycètes autonomes. Toutefois, les *Solorina* réalisent un cas où l'ascogone a complètement perdu ses caractères particuliers et se confond avec les hyphes végétatifs; à ce point de vue, ils sont pourvus d'une sexualité très évoluée. — MM. **P. Lecène** et **A. Frouin** : *Recherches expérimentales sur le mécanisme de l'enkystement des corps étrangers et du microbisme latent.* Les auteurs supposent que le sang épanché au moment du traumatisme a englobé et isolé, en se coagulant, le corps étranger et les microbes qu'il entraîne, ce qui a permis au tissu cicatriciel de se former dans des conditions particulièrement rapides et favorables (organisation conjonctive du caillot). Des expériences faites sur les animaux montrent bien le rôle protecteur de l'englobement rapide des microbes dans un caillot entouré lui-même d'une paroi conjonctive. Il n'en est pas moins vrai que les microbes ainsi enkystés ne sont pas morts, mais simplement *en état de vie latente*, et peuvent dans certaines circonstances redonner naissance à des accidents d'infection. — M. **Marage** : *Classement des soldats sourds, d'après leur degré d'audition.* L'auteur estime que la circulaire indiquant les conditions d'aptitude au service militaire est loin d'améliorer la situation faite aux sourds dans l'armée. 1° Elle est incomplète, car elle n'indique pas d'acoumètre. 2° En pratique, la voix humaine employée comme acoumètre ne vaut rien, car il est impossible de donner à la voix une intensité constante et il n'y a p[illegible] deux voix différentes produisant la même impression sur l'oreille. 3° Les degrés d'audition employés généralement sont inexacts, car l'intensité du son perçu varie en raison inverse du carré de la distance à laquelle on se trouve du corps sonore, et non en raison inverse de la distance, comme la circulaire semble le dire.

Séance du 29 Mai 1916

M. le Président annonce le décès de M. le général **Galliéni**, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation. MM. **C. Jordan** et **A. Grandidier** donnent lecture de notices sur sa vie et son œuvre.

1° Sciences mathématiques. — M. **G. Bigourdan** : *Joseph Gaultier et la découverte de la visibilité des astres en plein jour.* La découverte de la visibilité des astres en plein jour a été attribuée d'abord à Picard (1668), puis à J. B. Morin (1635), à Martin Hortensius (1633) et à Schickhardt (1632). M. Bigourdan montre qu'elle revient à Joseph Gaultier, prieur de La Valette en Provence, ami de Peiresc et de Gassendi, qui la réalisa en 1610.

2° Sciences physiques. — M. **P. Duhem** : *Sur la théorie générale des oscillations électriques.* L'auteur démontre qu'un système contenant des corps conducteurs

ne peut présenter, en général, aucune oscillation électrique propre. Aussi, à parler rigoureusement, il n'y a pas de résonance électrique dans un système contenant des corps conducteurs; les phénomènes qu'on y observe ne réalisent la résonance que d'une manière approchée. — MM. **Ed. Sarasin** et **Th. Tommasina** : *Constatation d'un troisième effet Volta et confirmation expérimentale de l'explication donnée.* Les auteurs ont recherché si, avec le dispositif expérimental qu'ils emploient, un troisième effet Volta se produirait lorsque, la cloche radioactivée n'étant pas métallique, l'écran et le plateau de l'électroscope deviendraient les électrodes de la nouvelle pile à gaz ionisé. Cet effet a été obtenu à l'aide d'une cloche en verre soit radioactivée, soit contenant de l'émanation radioactive qu'on y a versée. Ce troisième effet Volta, comme les deux précédents, s'explique également par l'effet *pile* décrit déjà par les auteurs. Ceux-ci ont montré, de plus, que l'effet Volta et l'effet pile, qui modifient tous les deux la conductibilité du milieu ionisé, sont non seulement de même nature, mais encore du même ordre de grandeur au point de vue de leur potentiel. — **M. F. Zambonini** : *Sur les relations qui existent entre les angles des cristaux mixtes et ceux de leurs composants.* L'auteur a mesuré les angles des cristaux mixtes que les composés des terres rares forment avec les composés de Ca, Sr, Ba et Pb. Il peut exister des cas où il y a proportionnalité entre la composition des cristaux et les valeurs des angles; mais, le plus souvent, les angles des cristaux mixtes ne sont pas fonction de leur composition, et ils peuvent même n'être pas compris entre les valeurs trouvées pour les composants purs, sans qu'on puisse invoquer l'influence d'anomalies de structure ou de formation.

3° Sciences naturelles. — **M. C. Sauvageau** : *Sur la sexualité hétérogamique d'une Laminaire* (Alaria esculenta). L'auteur a mis en évidence l'existence de la sexualité hétérogamique chez une nouvelle Laminaire, l'*Alaria esculenta*. On y observe une alternance des générations sexuée et asexuée qui est particulièrement intéressante parce que cette espèce est l'unique représentant sur nos côtes de la tribu des *Costatæ* répandue surtout dans les mers arctiques et le nord du Pacifique. — **MM. A. Trillat** et **M. Fouassier** : *Etude de quelques facteurs exerçant une influence sur la rapidité de l'évolution du bacille typhique dans le lait.* Pour un ensemencement suffisamment large, qui peut se produire accidentellement dans la pratique, la multiplication est pour ainsi dire instantanée, sans période d'incubation. La coagulation lactique est un agent défavorable pour la prolifération rapide du bacille typhique. La coagulation produite sous l'influence de la présure n'arrête pas le développement du bacille typhique qui continue à se multiplier. L'écrémage et la dilution du lait ne semblent pas avoir grande influence. Ces essais se rapportent seulement au lait stérilisé; dans le lait non stérilisé, il faut en plus tenir compte de la présence possible d'autres germes qui agissent sur le bacille typhique en modifiant la neutralité du milieu et aussi par la concurrence vitale. — **M. Ch.-J. Gravier** : *Sur la faune actinienne de l'île de San Thomé (Golfe de Guinée).* Au cours de sa mission à San Thomé, l'auteur a trouvé sur les plages de cette île, outre deux espèces de *Palythoa*, quatre espèces d'Actinies, dont trois sont déjà connues sur les côtes européennes de l'Atlantique et jusqu'à Madère, et dont la dernière, nouvelle, constitue le type d'un nouveau genre, *Telmatactis*, se rangeant dans la famille des Sagartidées. — **M. J. Amar** : *Valeur fonctionnelle des moignons.* L'amputation diminue la puissance des moignons par suite du raccourcissement du bras de levier, de l'enlèvement ou de l'atrophie de certaines masses musculaires, etc. Aussi est-il nécessaire, en vue de la prothèse et de la réadaptation des mutilés au travail, de mesurer exactement la puissance des moignons. Pour cela, l'auteur évalue en degrés l'amplitude des mouvements angulaires du moignon sur son articulation, et aussi la force absolue des muscles qui en déterminent la flexion. En les comparant à la force et à l'amplitude du membre sain, on calcule le taux de la perte résultant de l'amputation. Pour ces mesures, on peut employer l'arthrodynamomètre de l'auteur ou un instrument appelé cycle ergométrique, dont la gouttière sert à rééduquer les membres amputés.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 23 Mai 1916

M. Ch. Willens (de Gand) est élu Correspondant étranger dans la Division de Chirurgie.

M. R. Blanchard : *De l'encéphalopsie chromatique.* L'auteur apporte deux observations nouvelles de phénomènes voisins de l'audition colorée. Chez une dame de 25 ans, le fait d'entendre énoncer un chiffre, de le lire ou d'y penser évoque immédiatement en elle une sensation colorée ou lumineuse : 0, blanc; 1, noir; 2, rose; 3, gris; 4, jaune; 5, gris clair; 6, gris rouge; 7, vert; 8, mauve; 9, brun gris; 10, pékiné, noir et blanc; en outre, les chiffres 0, 1, 3, 9 évoquent une impression de tristesse, les autres une sensation de gaîté. Les nombres de deux chiffres produisent une sensation mixte ou nulle. Ces phénomènes ont persisté pendant quelques années, pour disparaître ensuite complètement. Chez une jeune fille du même âge, le nom des jours de la semaine, lu, entendu ou pensé, provoquait infailliblement une sensation lumineuse instantanée, toujours la même pour un même jour, savoir : lundi, vert; mardi, gris; mercredi, blanc; jeudi, bleu; vendredi, marron; samedi, noir; dimanche, rose. Ce phénomène existe depuis l'enfance et n'a jamais varié. L'auteur résume brièvement les observations similaires qui ont été rapportées antérieurement et groupe tous les phénomènes aboutissant à la production de photismes colorés sous le nom d'*encéphalopsie chromatique*.

Séance du 30 Mai 1916

M. Capitan : *Contribution à l'étude bactériologique et clinique des angines. Sérothérapie de la diphtérie.* L'auteur a observé, dans le service des contagieux de l'Hôpital militaire Bégin, 417 cas d'angines, qui ont pu être rangés en trois groupes, caractérisés chacun par la présence exclusive ou au moins très prépondérante d'un microorganisme spécial. Ce sont : 1° les angines à streptocoques ou à staphylocoques purs ou avec adjonction de microbes variés; 2° les angines à spirilles ou bacilles fusiformes ; 3° les angines diphtériques à bacilles de Lœffler. Cliniquement, ces diverses catégories sont impossibles à distinguer, et toute thérapeutique scientifique des angines comporte, nécessairement, un examen bactériologique. Le traitement doit comporter principalement des badigeonnages de la gorge au collargol dans le 1er cas, à l'arsénobenzol de Billon en solution glycérinée dans le 2e cas, des injections de sérum antidiphtérique à haute dose dans le 3e cas. L'auteur n'a pas eu un seul décès et a obtenu des guérisons rapides. — **MM. L. Bérard** et **Aug. Lumière** : *Sur la durée de l'immunité conférée par les injections préventives de sérum antitétanique.* Les auteurs concluent de leurs observations qu'il ne faut pas compter, chez l'homme, sur la persistance certaine de l'immunité conférée par les injections préventives de sérum antitétanique au delà de 6 ou 8 jours. Il sera donc prudent, quand on aura affaire à des blessés très infectés, de renouveler les piqûres de sérum antitétanique avant toute intervention chirurgicale secondaire, même pratiquée 5 ou 6 jours après la première injection de 10 cm³. Il faut, d'autre part, considérer comme insuffisante l'injection préventive *unique* de sérum antitétanique, telle qu'elle est encore trop souvent pratiquée. Chez tous les blessés porteurs de plaies souillées, qu'on doive les opérer ou non, une seconde injection préventive doit être faite entre le 5e et le 8e jour.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 20 Mai 1916

M. **E. L. Backman** : *Des conséquences de l'insuffisance rénale et de la néphrectomie.* La néphrectomie amène, tout comme l'insuffisance rénale d'origine opératoire, une augmentation de la quantité d'azote restant (non protéique) et de l'urée du sang; mais seule l'insuffisance opératoire amène toujours une augmentation de la pression artérielle, causée par la rétention de l'azote. Le non-effet de la néphrectomie sur la pression artérielle tient sans doute à la diminution progressive de la température du corps. — MM. **A. Rochaix** et **P. Durand** : *Réactions pleurales au cours des lésions pulmonaires et réactions pulmonaires au cours des lésions pleurales produites par les toxines du pneumobacille de Friedlænder chez le lapin.* Le poumon réagit beaucoup moins aux inoculations intrapleurales que la plèvre aux inoculations intrapulmonaires par piqûre directe ou par la voie intratrachéale. — M. **A. Brissemoret** : *Sur l'action physiologique de la cholestérine.* Pendant la narcose cholestérinique, la température des animaux en expérience s'abaisse de 3 à 4°. Certains symptômes concomitants de cet abaissement de température donnent à plusieurs de ces animaux l'allure de cobayes morphinisés. Ces faits viendraient à l'appui de la formule de Stein-Windaus qui établit des relations de constitution entre la morphine et la stérine animale. — MM. **E. Job** et **L. Hirtzmann** : *Le cycle évolutif de l'Amibe dysentérique.* Les auteurs ont observé les formes de reproduction suivantes: scissiparité, schizogonie, sporogonie, mais aucune figure qui puisse permettre d'affirmer l'existence d'une conjugaison, d'une fécondation ou d'une autogamie. — M. **R. Porak** : *La sudation dans les lésions des nerfs périphériques des membres supérieurs.* La sudation, mieux que les réactions électriques et plus sûrement que la sensibilité, indique la valeur fonctionnelle d'un nerf lésé. En cas de blessure, la sudation ne précise pas la variété anatomique de la lésion; mais, pratiquement, la conservation de la sudation prouve la continuité du tronc nerveux et la possibilité d'une restitution fonctionnelle. De là résulte une grande règle d'intervention opératoire: tant que la sudation n'est pas complètement abolie: 1° il ne faut pas recourir à la méthode des sutures nerveuses; 2° il faut libérer les adhérences du nerf aux tissus voisins et empêcher la production d'adhérences post-opératoires. — Mme **A. Drzewina** et M. **G. Bohn** : *Phénomènes de réduction et d'activation chez les Hydres, à la suite de variations de la teneur de l'eau en oxygène.* Les auteurs ont placé des Hydres, pendant 7 heures, dans des tubes hermétiquement clos, à double paroi, où l'épuisement de l'oxygène de l'air et par suite de l'eau se faisait par le pyrogallate de potasse. Au bout de ce temps, les animaux présentent des altérations plus ou moins prononcées, et il suffit de les replacer dans de l'eau aérée pour que, plus ou moins rapidement, une partie plus ou moins étendue du corps se désagrège. Quand la désagrégation n'est pas complète, l'Hydre peut se reconstituer et reprendre son aspect normal. Souvent, les tentacules seuls sont attaqués et disparaissent; peu à peu, ils réapparaissent, avec des anomalies ou en nombre plus grand. Lorsque la privation d'oxygène dure plus longtemps (1 à 4 jours), on observe que les Hydres replacées dans l'eau aérée ne présentent plus de phénomènes de désagrégation. En réalité, les Hydres soumises à une privation rapide d'oxygène subissent une *crise*; une fois la crise franchie, le manque d'oxygène non seulement n'est plus un danger, mais au contraire est favorable pour l'animal. Il y a ainsi atténuation des effets nuisibles de l'asphyxie avec la durée du traitement. — M. **L. Roule** : *Sur la proportion d'oxygène dissous dans les eaux d'un étang littoral (étang de Thau) et dans les eaux marines littorales, et sur ses conséquences quant à la biologie des espèces migratrices des Poissons.* Les eaux de l'étang et les eaux marines littorales sont plus riches en oxygène dissous au début du printemps qu'au début de l'automne, mais elles diffèrent entre elles en ce que la supériorité manifestée en automne par les eaux marines change de lieu au printemps pour passer à celles de l'étang. Une telle inversion est d'une grande importance quant à la biologie des Poissons migrateurs du genre *Mugil*. — M. **Et. Rabaud** : *Production d'une race intermédiaire et stable par croisement entre souris.* La race stable de souris, intermédiaire par sa coloration entre la race grise sauvage et une race jaune foncé, obtenue antérieurement par l'auteur (voir p. 323 et 352), n'est pas un cas isolé. Il a pu obtenir et suivre une race intermédiaire stable, grise à teinte très sombre, dérivant d'un croisement initial entre une souris grise sauvage de la lignée M (2) et une souris albinos issue de noire, et qui résulte aussi d'un mélange intime et durable de la substance des gamètes. — M. **M. de Kervily** : *La fonction sécrétrice des cellules vacuolaires des villosités.* Les cellules vacuolaires du placenta ne sont pas des phagocytes, mais des cellules sécrétrices; les grains et les vacuoles qu'on voit dans leur intérieur ne viennent pas du dehors, mais ont été élaborés par ces cellules elles-mêmes. Les cellules vacuolaires sont une modification de cellules conjonctives, une meilleure adaptation au travail de la sécrétion.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 19 Mai 1916

M. **Ch.-Ed. Guillaume** : *Propriétés nouvelles des aciers trempés; applications aux mesures à bouts.* Les étalons à traits se sont substitués, à partir du milieu du XIXe siècle, aux étalons à bouts, comme étalons scientifiques; en revanche, les étalons à bouts se sont conservés comme étalons industriels. En 1895, la Section technique de l'Artillerie de l'Armée française ayant entrepris l'établissement d'un grand nombre de séries d'étalons à bouts, dont l'ajustage précis pouvait être aisément contrôlé à l'aide d'un comparateur automatique (comparateur Hartmann), la coopération du Bureau international fut demandée pour l'établissement des séries types. Les étalons sont constitués, pour les longueurs jusqu'à 20mm, par les diamètres de cylindres d'acier, trempés à cœur; à partir de 20mm, par des broches de 12mm de diamètre, terminées par des calottes sphériques, et trempées seulement sur une très faible longueur au voisinage des extrémités. Il y a quelques années, on vit surgir les étalons construits avec une très grande précision par M. Johansson, à Eskilstuna. Ces étalons sont constitués par des parallélépipèdes dont la longueur est prise entre deux faces planes et parallèles. Un procédé spécial d'application des étalons l'un contre l'autre permet de constituer des longueurs composites sans erreur appréciable. Les étalons Johansson sont trempés dans toute leur longueur. L'importance qu'ils ont prise dans l'industrie rendait nécessaire l'étude métrologique des aciers trempants, recuits ou trempés. L'auteur a d'abord étudié les aciers de Suède à 1,3 pour 100 de carbone qu'emploie M. Johansson. Une barre de 1m, trempée, a été soumise à des étuvages à diverses températures, et étudiée au point de vue de ses variations de longueur. Bien qu'elle eût été stabilisée par le fabricant, elle a encore éprouvé, en 3000 heures d'étuvage à 100°, une contraction d'environ 92μ. Au cours de ces études, on reconnut l'extrême complexité du phénomène des variations de dimensions des aciers trempés, mais sans pouvoir encore en établir les lois ou même la nature exacte. Les études furent poursuivies sur les barres d'acier Holtzer, identiques à celles employées par la Section technique de l'Artillerie pour la confection de ses étalons à bouts. Leur mesure fut entreprise aussitôt après trempe, sans aucune stabilisation préalable. Un premier fait a été constaté. Des barres primitivement droites se courbent par le fait d'un étuvage à 100°, indiquant ainsi des contractions inégales. Or ces contractions, mesurées par la variation de distance de paires de traits pratiquées sur les deux faces, se sont toujours montrées proportionnelles entre elles; en d'autres termes, la loi de

la contraction est la même ; le paramètre numérique diffère seul. Ce phénomène montre, d'une part, la difficulté d'obtenir une trempe homogène ; de l'autre, la constance du phénomène. La vitesse de contraction a été ensuite étudiée ; elle est, en nombres ronds, dans l'état initial de la règle, de $0\mu,1$ par heure à 15°, de $4\mu,0$ à 40°, de 25μ à 60° et de 800μ à 100°. Mais cette vitesse de contraction s'atténue rapidement, surtout aux températures élevées, de telle sorte qu'à 100°, par exemple, il est nécessaire, pour pouvoir la déterminer, de procéder par des expositions successives de cinq minutes, entre lesquelles la règle est ramenée à la température ambiante pour la mesure. La vitesse initiale est obtenue alors par la tangente à la courbe de contraction à son point origine, ou même par extrapolation, si les expériences à 100° ont été précédées d'expositions aux températures inférieures, ayant produit déjà des contractions notables. Pour une même température, la courbe de contraction en fonction du temps est d'allure approximativement exponentielle ; on peut même, pour une durée assez prolongée, substituer, sans erreur appréciable, à la courbe vraie, une exponentielle unique ; mais la courbe expérimentale finit toujours par dépasser l'asymptote présumée, et qui avait permis le calcul de la première exponentielle. Le phénomène est donc plus compliqué, ce qu'on reconnaît également au fait que, après une exposition de très longue durée à 100°, un léger accroissement vient se substituer à la contraction. Si l'on porte en abscisses les températures, en ordonnées les logarithmes des vitesses de contraction, on obtient une courbe à faible concavité inférieure. L'expression de la vitesse en fonction de la température est donc de la forme : $V = Ae^{\alpha\theta - \beta\theta^2}$. La question la plus importante qui se pose au sujet des aciers utilisés, à l'état trempé, à la confection des étalons est celle de la possibilité de leur stabilisation. On peut ici remplacer l'épreuve de durée, dont on ne saurait attendre la fin pour construire ces étalons, par la combinaison des épreuves d'étuvage à diverses températures. La vitesse initiale à 100° est environ 8000 fois plus grande qu'à 15°. Or, les vitesses mesurées à diverses températures après des étuvages plus ou moins poussés à 100°, présentent entre elles des rapports lentement croissants ; sans qu'il soit possible de fixer dès maintenant des nombres, dont l'évaluation nécessite au surplus une extrapolation, on peut dire, d'une façon à peu près certaine, que le rapport des vitesses à 100° et à 15° tend vers un nombre supérieur à 10000 ; après un long étuvage à 100°, la vitesse à cette température atteint une valeur de l'ordre de $0\mu,01$ par heure. Appliquant le rapport ci-dessus, on en conclut que la variation à 15° ne devra plus être alors que de 1μ par siècle environ pour 1^m. Aux variations progressives des aciers trempés sont superposées des variations passagères, difficiles à mettre en évidence sur les aciers trempés et peu étuvés, en raison de l'ampleur des changements progressifs, mais dont on peut déterminer avec précision les caractères dès que l'étuvage est un peu avancé. On peut dire, à titre d'approximation empirique, que, entre 0° et 100°, l'amplitude de la variation passagère, tout à fait analogue à celle des verres ou à celle des aciers au nickel découverte autrefois par l'auteur, est proportionnelle au carré de la température. Lorsque l'étuvage est avancé, la variation totale entre 0° et 100° est d'environ 5μ. Aux températures ordinaires, cette variation ne fait donc intervenir qu'une petite fraction de micron par mètre. Pour les aciers trempés très peu étuvés, la variation passagère est beaucoup plus considérable. Mais, à cet état, les aciers sont sans intérêt métrologique. En résumé, en ce qui concerne les aciers au carbone trempés, les variations de tous ordres sont, avant étuvage, notables et rapides ; mais on peut les atténuer de telle sorte qu'elles cessent d'être une gêne pour l'usage industriel des étalons à bouts. On sait depuis longtemps que la dilatabilité des aciers trempés est sensiblement plus élevée que celle des mêmes aciers recuits ; mais la difficulté de la mesure des dilatations faites sur des alliages non stabilisés n'avait pas permis de donner une vue d'ensemble du phénomène. La connaissance des variations progressives aux diverses températures a permis à l'auteur de corriger les nombres bruts des mesures de dilatation de façon à obtenir des résultats sensiblement corrects. En même temps que progresse l'étuvage, la dilatation d'un acier trempé monte, passe par un maximum, puis redescend. Pour un acier dont la dilatabilité à l'état recuit est de $10,6.10^{-6}$, la dilatabilité maxima à l'état trempé est égale à $12,9.10^{-6}$. L'ascension immédiate des dilatations montre que l'étuvage, que l'on considère en général comme le début d'un recuit, n'est pas, pour toutes les propriétés des aciers, l'inverse de la trempe. Ce fait est caractéristique de la complexité du phénomène. Des aciers autotrempants (aciers rapides) ont été ensuite étudiés. Leurs changements progressifs possèdent tous les caractères de ceux qui ont été constatés sur les aciers au carbone, mais l'amplitude des variations est beaucoup réduite. On n'a pas pu reconnaître, sur ces aciers, de changements passagers. L'auteur a entrepris, enfin, l'étude de certains aciers spéciaux, contenant des quantités plus ou moins considérables de nickel ou de chrome ; l'écart entre les dilatations à l'état dur et à l'état recuit est beaucoup moindre que pour les aciers au carbone. Les changements dans le cours du temps suivent des lois très différentes, et qui n'ont pas encore été toutes établies. Ces aciers semblent présenter, tant au point de vue théorique qu'à celui de leurs applications à la confection des étalons à bouts, un réel intérêt. Pour tous les aciers, le module d'élasticité éprouve des variations analogues à celles des dimensions. Elles ont été établies, pour un acier au carbone, par M. Paul Ditisheim, au moyen de l'étude des marches de chronomètres de marine dont le spiral avait été soumis à divers traitements. Les diagrammes de marche présentent une analogie frappante avec ceux des variations de dimensions des barres.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 12 Mai 1916.

M. **G. Lemoine** : *Sur la catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène. I. Expériences avec les métaux* (voir p. 320 et 322). — M. **M. Tiffeneau** : *Autoxydation en série hydrocyclique avec rupture du noyau.* L'auteur a déjà signalé l'autoxydation des arylacétones avec scission en les deux acides acétique et arylcarbonique. La formation de ce dernier n'est pas primaire ; il y a production intermédiaire d'aldéhyde, d'après le schéma suivant où l'on fait intervenir la forme énolique de l'arylacétone :

$$Ar - CH : COH - CH^3 + O^2 = ArCOH + CH^3 - CO^2H$$

Une réaction analogue a été observée depuis avec les arycyclohexanones, notamment avec la métaphénylparaméthylcyclohexanone (rendement après 12 mois : 50 %). Dans ce cas, on obtient un acide δ-cétonique, l'acide δ-benzoyl-γ-méthylvalérique :

$$\begin{array}{l} C^6H^5 - CH - CH^2 - CH - CH^3 \\ \qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\quad | \qquad\qquad\quad \longrightarrow \\ \qquad\qquad CO - CH^2 - CH^2 \\ \longrightarrow C^6H^5 - CO - CH^2 - CH(CH^3) - CH^2 - CH^2 - CO^2H \end{array}$$

L'alcool vinylique correspondant, solide comme son isomère, placé dans les mêmes conditions, n'ayant subi la même autoxydation que dans des proportions insignifiantes, M. Tiffeneau est amené à conclure que cet énol n'est pas le produit intermédiaire de la réaction, mais que l'action oxydante s'exerce sur la forme instable antérieure à l'énolisation.

Séance du 26 Mai 1916.

M. **G. Lemoine** : *Sur la catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène. II. Expériences avec les oxydes et avec le charbon* (voir p. 350).

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 9 Mars 1916

Sciences physiques. — M. **W. G. Duffield** : *Appareil pour déterminer la pesanteur en mer.* Cet appareil est basé sur l'équilibre d'une colonne de mercure et de la pression d'un volume d'air constant contenu dans un ballon. L'ensemble de l'appareil est maintenu à une température aussi constante que possible. La hauteur de la colonne varie en raison inverse de la valeur de la pesanteur. Le niveau inférieur du mercure est réglé par l'introduction ou le soutirage d'une certaine quantité de ce liquide par deux tubes latéraux, un à grand diamètre pour le premier ajustement et l'autre très fin pour les mesures délicates. La constance de volume est indiquée par un contact électrique entre le mercure et une pointe, une bobine trembleuse et un téléphone complétant le circuit. On réduit l'effet des variations de température au moyen d'un dispositif approprié. L'appareil a été essayé au cours d'un voyage en Australie, puis modifié à Adelaïde d'après l'expérience faite ; employé de nouveau au cours du voyage de retour, malgré des conditions très défavorables, il s'est montré très approprié aux déterminations de la pesanteur en mer — MM. **J. W. Nicholson** et **T. R. Merton** : *La distribution de l'intensité dans les lignes spectrales élargies.* 1° En employant un coin à teinte neutre, on peut mesurer exactement la distribution de l'intensité dans les lignes spectrales élargies. 2° Avec ce dispositif, les auteurs ont fait des mesures quantitatives sur la ligne Hα de l'hydrogène et d'autres lignes de H, He et Li. 3° La distribution de l'intensité chez les lignes élargies par des décharges condensées et à haute pression ne suit pas la loi de probabilité bien connue, qui se vérifie dans certaines conditions déterminées. 4° L'élargissement de Hα est symétrique. 5° Le caractère le plus général des courbes obtenues est que leur courbure s'éloigne de l'axe perpendiculaire à l'échelle des longueurs d'onde. 6° L'existence de plus d'un composant s'accorde avec l'hypothèse que la résolution électrique des lignes est l'origine de leur élargissement. 7° Dans l'hypothèse de plusieurs composantes distribuées symétriquement autour du centre, la seule loi générale concordant avec la distribution de la courbure est celle d'une somme de termes exponentiels linéaires, un pour chaque composante. 8° Dans ces circonstances, il doit se produire des discontinuités dans la pente des courbes. Celles qu'on trouve sur la courbe de Hα s'accordent quantitativement avec celles qu'on peut déduire des données que l'on possède sur la résolution électrique. 9° Les observations quantitatives sur H_β, H_γ et les séries diffuses de He et Li confirment l'idée que la résolution électrique est la principale cause du phénomène.

Séance du 16 Mars 1916

Sciences naturelles. — M. **H. G. Plimmer** : *Notes sur le genre* Toxoplasma, *avec description de trois nouvelles espèces.* Des organismes de ce genre ont été trouvés chez le lapin, le chien, le gondi, la taupe et le pigeon dans l'intervalle de 7 ans qui s'est écoulé depuis sa découverte par Splendore au Brésil. Leur position systématique est incertaine, mais ils ont une distribution étendue au point de vue géographique et en ce qui concerne les hôtes. Ils se trouvent en grand nombre comme parasites dans les leucocytes mononucléaires. Les trois espèces nouvelles décrites par l'auteur ont été rencontrées chez un *Fossa* de Madagascar, un pigeon des îles Aru et un serpent de Say du Mexique ; cette dernière est la première mentionnée chez un Reptile. Les résultats de l'étude de ces parasites chez leurs hôtes indiquent plutôt une relation avec les Hémogrégarines qu'avec les *Leishmania* ou les Levures, comme on l'avait suggéré. — MM. **C. Reid** et **J. Groves** : *Rapport préliminaire sur les Characées du Purbeckien.* Les recherches des auteurs ont porté sur les restes de Characées trouvés dans les cornéennes et les calcaires des couches du Purbeckien moyen de Dorset. En traitant les calcaires par de l'eau légèrement acidulée tombant goutte à goutte pendant longtemps, on a pu obtenir des spécimens qui jettent un nouveau jour sur la structure de ces plantes. Les auteurs ont pu ainsi mettre en évidence un nouveau genre, *Clavator*, caractérisé par : *a*) la production de nœuds épaissis en forme de massues ; *b*) la présence d'un utricule entourant l'oogone ; *c*) la production de nombreux groupes de clavates en forme de rosettes sur la tige et les petites branches. Ils ont découvert aussi un grand nombre de types différents de fruit et d'appareil végétatif, montrant que la flore des Characées de cette période était riche et variée.

Séance du 23 Mars 1916

Sciences physiques. — M. **E. H. Nichols** : *Recherches sur les variations électriques de l'atmosphère au lever et au coucher du Soleil.* Les observations ont été faites dans un intervalle de 15 minutes avant et après le lever et le coucher du Soleil, en employant l'électroscope à feuille d'or à compensation de Wilson pour la mesure de la conductivité et du courant terre-air, et deux électromètres d'Ebert pour mesurer les charges électriques positives et négatives. Les résultats montrent une diminution uniforme marquée de la valeur des quantités électriques pendant la période du coucher du Soleil, mais au lever l'effet du Soleil est peu prononcé. Les courbes de potentiel de l'Observatoire de Kew ont été analysées pour les années 1912 et 1914 pour la période de 30 minutes au lever et au coucher du Soleil, en les corrigeant de la variation diurne. Il y a une augmentation générale du potentiel à la fois au lever et au coucher du Soleil, plus marquée dans le mois d'hiver ; mais il n'y a pas de changement subit. Les variations électriques notées pourraient peut-être servir à élucider quelques problèmes de t. s. f.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 12 Mai 1916

M. **S. H. Allen** : *Les chaleurs latentes de fusion des métaux et la théorie des quanta.* L'auteur identifie la chaleur latente de fusion avec l'énergie nécessaire pour contrebalancer celle d'un certain nombre d'*oscillateurs* qui jouent un rôle dans le maintien de la structure cristalline. Si l'on admet que l'énergie d'un oscillateur ayant une fréquence de vibration ν est $RT[x/(e^x - 1)]$, où x remplace $h\nu/RT$, on trouve que la chaleur atomique de fusion d'un métal peut être calculée avec une bonne exactitude par la formule $AL = cNRT[x/(e^x - 1)]$, où A est le poids atomique, L la chaleur latente et c le rapport du nombre d'oscillateurs au nombre d'atomes. Le nombre d'oscillateurs dans une mol.-gramme est donc Nc, où N est la constante d'Avogadro. On trouve que la valeur de c est égale à l'unité ou à une fraction simple La fréquence à la température de fusion est calculée au moyen de la formule de Lindemann.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 13 15 JUILLET 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

J. Gosselet (1832-1916). — La Géologie française, si durement éprouvée depuis le commencement de la guerre, vient de perdre son vénéré doyen, Jules Gosselet, décédé le 20 mars, dans sa 84e année. La mort de notre maître affectionné emprunte une note tragique au grand drame qui, le croirait-on, met la civilisation en péril à l'aurore du XXe siècle. Resté dans sa chère ville de Lille, qu'il aurait pu quitter s'il l'avait voulu, ignorant tout de la plupart des siens, et notamment de ses petits-enfants, il donna l'exemple, lui plus qu'octogénaire, d'un courage sans défaillance et d'une foi inébranlable dans le salut final de la France, gardant malgré tout quelque chose de cet enthousiasme juvénile et communicatif qui était l'un des charmes de son admirable vieillesse.

Il ne fallut rien moins que les jours noirs vécus par centaines sous le joug anémiant de l'envahisseur pour ébranler sa robuste constitution et lui laisser prise à la maladie. Car J. Gosselet avait conservé une étonnante sève de l'esprit et du cœur, par quoi il nous paraissait perpétuellement jeune, tandis que les années lui faisaient une physionomie de grand caractère, digne de tenter le pinceau d'un Rembrandt. Il prit le germe du mal qui l'emporta, en pleine connaissance après un mois de souffrances, en rangeant les collections de Géologie de la Faculté des Sciences, bouleversées, dit-on, par la formidable explosion qui dévasta une partie de Lille, le 11 janvier dernier. M. Ch. Barrois nous dira plus tard ce que fut sa fin; nous n'en savons pour l'instant qu'une chose : c'est qu'elle fut noble et belle comme sa vie.

Le moment n'est pas encore venu de payer à sa mémoire tout le tribut de regrets et d'hommages qu'elle a mérités. Quand l'heure de la victoire aura sonné, une plume plus autorisée que la mienne exposera à loisir l'œuvre du géologue de grande envergure qui vient de disparaître. Qu'il soit permis à l'un de ses disciples de faire entendre aujourd'hui la voix de l'affection et de la reconnaissance.

On a dit, et rien n'est plus vrai, que chez J. Gosselet l'homme marchait de pair avec le savant. Sous une écorce parfois un peu rude, l'homme était éminemment affectueux et bon, d'une bienveillance agissante et sans cesse en éveil, d'une grande élévation de sentiments et d'une nature ardente et généreuse. Esclave du devoir, une rigoureuse droiture était en toutes circonstances sa règle de conscience.

Son regard était franc, énergique et pénétrant, sa voix chaude et sonore, son geste prompt, son humeur primesautière, tour à tour enjouée et grave, et tout en lui trahissait une vigoureuse personnalité.

Cet homme de grand cœur était doué d'une haute intelligence. Il avait une culture variée, une curiosité à laquelle rien n'était indifférent, et par surcroît un amour de la vérité élevé à la hauteur d'une seconde religion. Avec lui point d'arrière-pensée. Sans indulgence pour lui-même, il était tout l'opposé du savant qui se paie de mots, qui se donne l'illusion de résoudre une difficulté par une formule heureuse, mais vide de sens.

J. Gosselet aimait et cultivait passionnément la Géologie, et il en tirait de vives jouissances. Chaque pas en avant, chaque progrès le faisait vibrer; son visage s'épanouissait; ses yeux, toujours pétillants d'intelligence, prenaient un indicible éclat et de toute sa figure se dégageait une impression de vie intense, de rayonnement, de bonheur, je dirai, dont ses portraits ne donnent pas la moindre idée.

Nulle part, son riche tempérament de naturaliste ne s'affirmait comme sur le terrain. J. Gosselet avait le coup d'œil rapide et juste, qui embrasse tout à la fois les grandes lignes et les détails; il excellait à retourner les questions en tous sens, et quand le sujet tardait à lui dévoiler son mystère, il se révélait d'une persévérance inlassable. Tôt levé, sobre, marcheur infatigable, collectionneur insatiable, remplissant sacs et poches d'échantillons, il rentrait tard au gîte, après avoir fait d'invraisemblables itinéraires, pour reprendre sa course le lendemain et les jours suivants, sans jamais se reposer. Son activité sur le terrain n'était rien moins que prodigieuse. On devine qu'il mettait de la sorte ses préparateurs à une rude épreuve. Mais quelle leçon pour le débutant qui avait la bonne fortuue de le suivre!

Aussi longtemps que je l'ai connu — et c'est là un des traits qui caractérisent le mieux l'homme — je l'ai vu regarder du côté de l'avenir. Elevé à une école dont la Géologie nous paraît aujourd'hui démodée, il n'avait pas voulu que sa science vieillît avec lui. Au cours de sa longue et brillante carrière, il eut le très rare mérite de la renouveler sans effort apparent. Qu'on en juge. Agé de près de 60 ans, il voulut pénétrer le secret du microscope polarisant, pour étudier lui-même ses roches métamorphiques de l'Ardenne. Son intelligence était restée si souple et si jeune qu'il y réussit pleinement. Et combien d'autres faits je pourrais appeler en témoignage pour montrer que J. Gosselet ne se résigna jamais à « marquer le pas » !

Il est un autre signe distinctif de son esprit que je me fais un devoir de citer en exemple aux chefs d'école. Chaque science, la Géologie comme les autres, est trop vaste pour qu'il soit possible à chacun de nous de l'embrasser dans sa totalité. J. Gosselet cultivait une certaine géologie, mais il était trop libéral pour ne point permettre à ses élèves d'en étudier une toute autre. Que dis-je, il se plaisait à encourager leurs tendances à s'éloigner des sentiers battus et à développer leur esprit d'initiative. L'originalité de l'élève était pour lui *chose sacrée*. Et c'est ainsi que les géologues formés à son école se sont engagés de leur propre mouvement dans les voies les plus divergentes, sans jamais donner l'impression que leurs travaux étaient sortis d'un seul et même moule. Loin de s'en plaindre, J. Gosselet s'en réjouissait, et c'est de quoi il mérite grandement d'être loué.

Voilà très rapidement dépeint l'homme tel que je l'ai vu et tel que j'aime à me le représenter, maintenant qu'il n'est plus.

A la parfaite dignité de sa vie, qui eût suffi à elle seule pour lui conquérir tous les suffrages, J. Gosselet joignait une réputation de grand savant, qui, certes, n'était pas usurpée.

Né le 19 août 1832 à Cambrai (Nord), J. Gosselet a passé les premières années de sa jeunesse à Landrecies, berceau de sa famille, et c'est dans le modeste cimetière de cette ville que ses cendres reposeront définitivement.

Les premières étapes de sa carrière universitaire sont rapides. Il débute, en 1852, au Collège du Quesnoy, en qualité de professeur de Sciences mathématiques, physiques et naturelles. En 1863, il entre à la Sorbonne comme préparateur. Docteur ès sciences, en 1860, il va enseigner la Physique et la Chimie au Lycée de Bordeaux et, après un court séjour à la Faculté des Sciences de Poitiers, il est nommé professeur de Géologie et de Minéralogie à la Faculté des Sciences de Lille, le 21 décembre 1864.

La tâche qui s'offrait à lui était immense et rebutante. Il s'y voua corps et âme, tel un apôtre. La chaire nouvelle n'avait ni élèves, ni livres, ni collections. Au surplus, la Géologie, science alors toute spéculative, n'était point faite, semblait-il, pour recruter des adeptes dans un milieu très sollicité par les affaires. Fort heureusement, le jeune professeur était un homme d'initiative, de décision et de volonté, apte à discerner les talents, à exciter les énergies et à provoquer les vocations. Par l'ascendant qu'il exerçait sur ceux qui l'approchaient, par la flamme ardente qui l'animait, et aussi par son habileté à rendre la géologie attrayante, à doser judicieusement la théorie et la pratique dans ses travaux comme dans son enseignement, et enfin par les inappréciables services qu'il a rendus à l'industrie régionale, J. Gosselet, véritable magicien, fit de la Géologie une science très populaire dans le Nord.

Désert à l'origine, son laboratoire devint peu à peu un foyer très actif où se rencontraient des hommes de toutes conditions, des jeunes gens fortunés qui, rompant avec les traditions familiales, se consacraient à la Science, des industriels en quête d'un conseil, des ingénieurs, professeurs, avocats, rentiers, etc., pour qui la Géologie était un délassement. De cette activité est née l'Ecole géologique de Lille, que les travaux de son chef et de son élève favori, M. Ch. Barrois, ont fait connaître universellement. De là est née également la Société géologique du Nord, dont J. Gosselet est resté l'âme pendant près d'un demi-siècle (1870-1916). Entre temps, les conditions de travail s'amélioraient, des collections s'ébauchaient. Du néant, J. Gosselet fit sortir cet incomparable Musée de Géologie régionale qui porte son nom.

Elève de Constant Prévost et d'Ed. Hébert, dont il ne parlait qu'avec émotion, J. Gosselet fut avant tout un observateur hors de pair. Débutant à une époque où l'on sacrifiait volontiers à de grandes théories à la mode, il s'orienta délibérément vers le terrain solide des faits. Il fit ses premières armes dans l'Ardenne, en 1857, avec une étude du Dévonien. L'année suivante s'affirme déjà sa préoccupation de faire de la Géologie une science utile à ses compatriotes par une note sur les moyens de procurer des eaux potables à la ville de Fourmies. En 1860, paraît sa thèse sur les terrains primaires de la Belgique, des environs d'Avesnes et du Boulonnais. Le sujet n'en était pas neuf, mais J. Gosselet eut toute sa vie le don de renouveler les problèmes auxquels il s'attaqua. Deux de ses premières observations changèrent complètement la physionomie de l'Ardenne : la découverte de la Crête silurienne du Condroz, et partant la distinction des bassins de Dinant et de Namur, et le changement de facies de certaines assises dévoniennes du N. au S. du bassin de Dinant. A dater de ce moment, la voie de J. Gosselet est toute tracée et l'étude de l'Ardenne restera l'objet principal de ses travaux.

Pendant près d'un demi-siècle, il parcourt ce vieux massif en tous sens ; sans cesse il reprend son œuvre pour la compléter et la parfaire. Et lorsqu'en 1888, il publie ce modèle de monographie d'une région naturelle qu'est l'Ardenne, il dévoile toute sa maîtrise. Ce livre restera comme un témoignage vivant de sa puissance d'investigation, de son talent d'analyse, non moins que de son aptitude à synthétiser et à généraliser. L'auteur y passe en revue tous les terrains constituants de l'Ardenne, leurs caractères pétrographiques, leurs transformations d'origine métamorphique et leur faune ; puis il en donne une classification qui s'est imposée pour le Dévonien. Après quoi, il nous fait assister au soulèvement de l'Ardenne, aux efforts de la mer pour reprendre possession de son domaine, et il nous conduit ainsi, de proche en proche, à l'époque actuelle. L'étude est compréhensive à souhait.

Au nombre des problèmes qu'il a traités chemin faisant, il en est un qui, par son ampleur et son importance du point de vue économique, devait longuement retenir son attention : je veux parler de la structure du bassin houiller franco-belge. A vrai dire, ce fut là son sujet de prédilection. La question, vaste et complexe entre toutes, mettait en cause la tectonique des chaînes de montagnes, vieilles et jeunes. Ses découvertes dans ce domaine marquent une date mémorable dans l'étude des phénomènes orogéniques, en ce sens qu'elles font de J. Gosselet un précurseur des Marcel Bertrand et des Termier. Avec une remarquable aisance, il montre que ledit bassin est dyssymétrique et renversé vers le Nord, que le massif de l'Ardenne en chevauche le bord méridional, poussé qu'il fut le long d'un plan incliné, qui n'est autre que la grande faille du Midi. Singulièrement hardie pour l'époque, cette conception, il ne faut pas l'oublier un seul instant, est la synthèse de faits non accessibles à l'observation directe. Par là elle acquiert un prix inestimable.

Marcel Bertrand nous a montré que ce qui est vrai pour l'Ardenne l'est également pour les Alpes, à la différence près que les phénomènes de recouvrement s'y manifestent à une échelle grandiose. Très loyalement il a fixé la part qui revient à J. Gosselet dans la nouvelle orientation donnée à l'étude des phénomènes orogéniques, lorsqu'il écrivait à propos des Alpes de Glaris : « J'ai essayé simplement d'étendre aux Alpes l'explication si simple et si rationnelle que M. Gosselet a donnée pour le Nord. » Personne n'ignore que la notion capitale qui est à la base même de cette conception —

celle des mouvements tangentiels de l'écorce — est aujourd'hui l'une des grandes idées directrices de la Géologie.

Soumises au contrôle de l'expérience, les vues de J. Gosselet sur la structure du bassin houiller franco-belge ont reçu une éclatante confirmation. Et du même coup il en est résulté des conséquences pratiques d'une grande portée économique, le terrain houiller exploitable se prolongeant vers le Sud, au delà des limites supposées, ainsi qu'il l'avait prévu. Dans ce domaine où il a donné toute sa mesure, J. Gosselet prend figure d'un grand maître de la Géologie, doublé d'un bienfaiteur pour son pays.

Veut-on connaître l'importance attachée à l'étranger aux travaux de J. Gosselet sur l'Ardenne, il suffit de lire ces lignes que j'hésite à reproduire, attendu qu'elles émanent d'un pays qui a forfait à l'honneur : « Par la solution du grand problème géologique de l'Ardenne, vous franchissez d'un essor génial les frontières des pays voisins. Vos données viennent au delà s'appliquer au domaine de nos propres travaux et contribuent à une synthèse qui embrasse toute l'étendue du massif paléozoïque franco-belge et allemand. Ainsi vous êtes devenu pour nous, par le marteau et par la plume, un guide, un maître, un chef dont le nom restera à jamais attaché à la solution des questions les plus difficiles de la stratigraphie et de la tectonique de notre patrie [1]. »

L'Ardenne et son prolongement souterrain, le bassin houiller, n'ont point absorbé toute l'activité scientifique de J. Gosselet. Dans la galerie de son œuvre, on trouve encore de nombreuses études sur le Boulonnais et sur les formations secondaires, tertiaires et quaternaires de cette vaste région qu'il a nommée le nord de la France. Il y traite les sujets les plus divers, sans jamais perdre de vue le bien public.

En matière d'hydrologie, sur laquelle il avait acquis une expérience consommée, il fut le conseiller toujours écouté des industriels et des municipalités. Aux uns et aux autres il a rendu tant et tant de services qu'il s'est acquis des titres impérissables à leur reconnaissance.

Tour à tour la question des phosphates de chaux, de la craie, la géologie appliquée à la géographie et à l'agriculture lui ont fourni le thème d'études aussi savantes qu'utiles.

Le Service de la Carte géologique fut l'un des bénéficiaires de son labeur incessant. Huit feuilles au 1/80.000, son magistral ouvrage l'Ardenne, sans parler de ses derniers mémoires sur les assises crétaciques et tertiaires du nord de la France, représentent sa part de collaboration.

Un jour, il interrompt sa tâche coutumière pour payer sa dette de reconnaissance à celui qui fut son premier maître, Constant Prévost. Du livre consacré aux travaux du champion des « causes actuelles », il a fait un véritable chapitre de l'histoire de la Géologie, où l'on voit successivement sombrer la doctrine des révolutions du globe, la théorie des cratères de soulèvement et le réseau pentagonal, en même temps que la Géologie actuelle prend corps au prix de luttes héroïques. En dégageant la grande figure de Constant Prévost de l'ombre qui l'enveloppait, J. Gosselet nous a appris comment nous devons honorer la mémoire de nos maîtres et veiller à ce que la postérité les mette à leur véritable place.

Lorsqu'en 1902 une inexorable limite d'âge força J. Gosselet à quitter la chaire qu'il occupait depuis trente-huit ans, il était encore en pleine possession de sa vigueur physique, intellectuelle et morale. Le coup fut rude. Inspiré par la profonde affection qu'il portait à son vieux maître, son successeur, M. Ch. Barrois, s'efforça par tous les moyens d'en atténuer l'amertume. Et l'on put voir ce touchant spectacle, qui est tout à l'honneur des deux hommes : le nouveau titulaire s'ingéniant à donner l'illusion à l'ancien que rien n'était changé, et le maître s'appliquant à éviter tout empiétement sur l'autorité de l'élève. Jusqu'à la fin de sa vie, J. Gosselet se plut à retourner au Laboratoire de Géologie auquel il avait donné une si grande partie de lui-même, et s'il n'était plus chargé de ses destinées, il était sûr d'y trouver toujours des amitiés fidèles et respectueuses.

Pour J. Gosselet, la retraite ne pouvait être le repos. Il continua à travailler sans relâche. Levés de cartes géologiques, études hydrologiques, coordination des résultats d'innombrables sondages ayant atteint le substratum ancien sous les morts-terrains, topographie souterraine du bassin houiller, etc., tels furent les sujets auxquels il fit le sacrifice de ses loisirs.

L'amour de J. Gosselet pour la science était tout ce qu'il y a de plus désintéressé. Content de servir la vérité pour elle-même, il n'ambitionna jamais d'autre récompense que la satisfaction du devoir accompli. Les distinctions et les honneurs vinrent à lui sans qu'il songeât à les solliciter. Il fut élu Correspondant de l'Institut, en 1882. Et lorsque, dans ces dernières années, une mesure libérale, à laquelle on ne saurait trop applaudir, permit aux savants de province d'entrer à l'Académie des Sciences, il figura sur la première liste des membres non résidents. Notre cher maître en conçut une légitime fierté.

A l'heure douloureuse de l'invasion, quand Lille fut pour lui une prison et qu'il dût renoncer à parcourir la campagne le marteau à la main, comme il aimait tant à le faire, J. Gosselet garda, nous dit-on, un calme stoïque. Il reprit régulièrement le chemin de la Faculté et ses travaux un moment interrompus, et rien ne parut changé dans sa vie. Qu'on ne s'y trompe pas : l'homme était trop sensible, trop attaché par toutes les fibres de son cœur à son pays pour ne pas être tenaillé par l'idée que la France avait momentanément le dessous. La guerre a usé ce qui restait de sa merveilleuse constitution, et c'est en terre occupée, hélas ! sans avoir vu poindre le jour de la délivrance et de la réparation, qu'il a quitté ce monde. La tristesse que nous en éprouvons est profonde.

Eclairée par des affections vigilantes et tendres, sa vieillesse avait été sereine. Bien qu'assombrie par un deuil cruel, son existence est de celles que les misères humaines nous font regarder comme heureuse.

Avec lui disparaît un savant de race qui a fait honneur à son pays et à la géologie française. Avec lui disparaît un homme. Puisse le souvenir de sa noble vie, entourée de l'estime des uns, de l'affection des autres et du respect de tous, être pour les siens une consolation !

L. Cayeux,
Professeur au Collège de France.

1. Adresse du Service royal géologique de Prusse, envoyée à J. Gosselet, lors de la célébration de son Cinquantenaire, en 1902.

§ 2. — Physique

Influence de l'aimantation sur l'opacité du fer pour les rayons X. — En des recherches antérieures, Forman [1], étudiant l'influence de l'aimantation du fer dans un plan perpendiculaire à la direction des rayons X, avec un dispositif qui permettait de déceler une variation de 1/10.000, avait obtenu des résultats négatifs.

Des expériences ont été faites récemment [2] par le même auteur sur l'influence de l'aimantation dans une direction parallèle à la direction des rayons. Elles ont été poursuivies avec un électro-aimant permettant d'obtenir un champ de 3.500 gauss perpendiculairement au plan du fer. Des précautions spéciales ont été prises pour neutraliser l'action du flux magnétique divergent, émané

1. *Phys. Review*, t. III, p. 306, avril 1914.
2. *Phys. Review*, t. VII p. 119, janvier 1916.

des pôles, sur les rayons cathodiques de l'ampoule, dont la modification aurait entraîné forcément des variations dans l'intensité des rayons X directs et des rayons secondaires.

Les recherches, qui ont porté sur la lame de fer qu'on avait utilisée dans le travail antérieur, ont révélé un accroissement de l'opacité du fer pour une aimantation parallèle aux rayons de Röntgen, c'est-à-dire perpendiculaire au courant cathodique produit dans l'ampoule. Pour un champ de 3.500 gauss, l'accroissement d'opacité semble être les 5/1.000 de sa valeur. Comme la saturation du fer doux n'est guère atteinte que pour une induction d'environ 15.000 gauss, l'orientation des molécules de fer n'est sûrement pas complète dans le champ de 3.500 gauss; il est donc probable qu'on aurait des variations plus notables avec des champs de l'ordre de 15.000 gauss ou davantage.

Les résultats précédents peuvent recevoir une interprétation théorique:

Les rayons de Röntgen étant dus à la perturbation créée par des électrons qui se propagent dans l'ampoule suivant la direction du faisceau cathodique, on peut s'attendre à ce que l'absorption d'énergie soit surtout produite par les parties de la molécule susceptibles de vibrer dans le même plan. L'aimantation du fer tend à orienter les molécules de manière à rendre parallèles entre eux les plans d'absorption maxima. Lorsque ces plans d'absorption maxima sont parallèles au faisceau cathodique de l'ampoule, l'opacité se trouve accrue. Les recherches de Forman établissent que le plan d'absorption maxima de la molécule de fer est parallèle à celui des orbites électriques qui constituent l'aimant élémentaire.

Dans un ordre d'idées analogue, on sait que les rayons de Röntgen n'ionisent pas toutes les molécules d'un gaz qu'ils traversent. Ceci pourrait tenir, pense Forman, à ce que la molécule possède un seul plan suivant lequel l'absorption d'énergie des rayons Röntgen est suffisante pour entraîner l'ionisation, et il se propose, en vue de vérifier cette manière de voir, d'étudier l'influence d'un champ magnétique sur l'opacité de l'oxygène pour les rayons de Röntgen.

A. B.

§ 3. — Chimie

Les filtres en pulpe de papier. — L'introduction du creuset de Gooch a constitué un progrès marqué en Chimie analytique. L'emploi de ce dispositif combiné avec le filtre d'amiante permet d'économiser le temps et la peine, tout en donnant des résultats très exacts. Toutefois, la préparation d'un bon filtre d'amiante demande quelque habileté et présume l'emploi d'amiante tendre, à fibres longues, coupée en morceaux uniformes. Pour obvier à ces inconvénients, deux chimistes américains, MM. S. L. Jodidi et E. H. Kellogg, proposent de substituer à l'amiante de la pulpe de papier[1], qui est très facile à préparer, tout aussi efficace et très économique.

Voici comment ces auteurs opèrent : lorsqu'on dispose de bon papier à filtrer (papiers ne donnant pas de cendres et lavés à HCl et HF, tels que les papiers à filtrer suédois ou de la marque S et S), il suffit d'en introduire une certaine quantité dans un ballon, d'ajouter la quantité suffisante d'eau distillée et d'agiter vigoureusement le ballon pendant quelques minutes. Le papier est alors réduit en pulpe, qui est prête pour l'usage immédiat. Il faut employer environ 1 cm^3 d'eau pour 1 cm^2 de papier à filtrer d'épaisseur ordinaire, afin d'obtenir une pulpe de consistance convenable.

Si l'on ne possède que du papier à filtrer ordinaire, il est désirable de le débarrasser de quelques-uns de ses constituants minéraux. On le réduit d'abord en pulpe avec de l'eau distillée, puis on ajoute un acide minéral, HCl ou HNO^3, jusqu'à une concentration de 2 à 10 %. On laisse reposer à la température ordinaire pendant 1 ou 2 heures, puis on jette la pulpe sur une plaque à filtrer en porcelaine ou, mieux, sur un entonnoir de Buchner, et on lave à l'eau distillée jusqu'à ce qu'il ne passe plus d'acide. La pulpe lavée est transférée dans un flacon où, en lui ajoutant la quantité nécessaire d'eau distillée, on la conserve prête à servir. A l'inverse des filtres d'amiante, il ne faut jamais *chauffer* la pulpe de papier avec un acide (ou un alcali) concentré, car ce traitement la convertirait en une masse plus ou moins gluante qui ne pourrait plus servir à la filtration.

Le filtre en pulpe de papier peut être utilisé soit avec une plaque de porcelaine perforée dans un entonnoir, soit avec un creuset de Gooch. Ce dernier est relié avec un flacon à succion, comme dans le cas d'un filtre d'amiante; puis l'on remplit le creuset avec la pulpe de papier et l'on commence doucement à opérer la succion jusqu'à ce que toute l'eau ait filtré. On recommence l'opération une ou deux fois. Le filtre, qui a alors environ 2 mm. d'épaisseur, est prêt à être employé pour la filtration de précipités qui doivent être déterminés acidimétriquement (comme dans le cas du précipité de phosphomolybdate d'ammonium). Si on veut employer le filtre à pulpe de papier pour l'analyse gravimétrique, il faut alors le laver au moment de sa préparation avec de l'eau distillée jusqu'à ce qu'il ne passe plus de fibres de papier.

Le filtre en pulpe de papier combine la rapidité du filtre à amiante avec l'exactitude du bon filtre en papier. Il retient facilement les précipités fins, comme celui de phosphomolybdate d'Am, malgré une filtration rapide, alors que le filtre à amiante, même très soigneusement préparé, en laisse toujours passer des traces. Dix filtres S et S, de 12,5 cm. de diamètre, agités avec 1200 cm^3 d'eau, ont donné une quantité de pulpe suffisante pour filtrer 42 précipités individuels de phosphomolybdate d'Am; on réalise donc une économie de plus de 75 %. Pour l'analyse volumétrique, on peut préparer la pulpe avec des filtres en papier défectueux ou déchirés, avec du papier à filtrer en feuilles ou avec des rognures.

MM. Jodidi et Kellogg ont appliqué la filtration sur pulpe de papier à un grand nombre d'opérations analytiques[1] : précipitation de l'acide phosphorique à l'état de phosphomolybdate d'Am, de l'acide sulfurique ou du baryum à l'état de $BaSO^4$, de l'acide chlorhydrique ou de l'argent à l'état d'AgCl, du potassium et de l'ammonium à l'état de chloroplatine, du calcium à l'état d'oxalate, du magnésium à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien, etc. Des opérations de contrôle ont montré que le filtre en pulpe de papier retient quantitativement tous ces précipités et permet un dosage aussi exact que le filtre ordinaire en papier, tout en économisant beaucoup de temps et de travail. Ce nouveau procédé paraît appelé à se généraliser dans les laboratoires.

L.-B.

§ 4. — Agronomie

Une nouvelle fibre textile. — Elle n'a pas encore complètement fait ses preuves, mais on en parle beaucoup à Cuba, d'où elle est originaire. C'est une variété de la mauve, appelée en espagnol *Malva blanca*, et dont le nom savant est *Urena lobata*. Elle peut fournir très facilement une fibre grossière pour la fabrication des sacs à sucre, qui, jusqu'à présent, étaient fabriqués à peu près uniquement avec du jute ; on pourrait aussi en tirer une fibre relativement fine pour des tissus ordinaires.

D'après M. Garrard Harris, des expériences poursuivies depuis des années pour utiliser cette fibre ont conduit enfin à un procédé d'isolement qui en rend possible

1. *Biochem. Bulletin.* t. V, nos 18-19, pp. 87-94; févr.-mars 1916.

1. Voir aussi : *Journ. of industr. and engin Chem.*, t. VIII, n° 4, p. 317; avril 1916, et *Journ. of the Franklin Inst.*, t. CLXXXI, n° 2, p. 217; février 1916.

l'utilisation commerciale. On la vend sur le marché de La Havane, principalement pour la fabrication des espadrilles (alpargatas); on réussit même, en mélangeant la fibre avec des fibres de jute, à constituer des semelles pour ces alpargatas. En 1915, on a vendu une vingtaine de milliers de kilogrammes de cette fibre au prix moyen de 6 cents la livre (à peu près 30 centimes), et la demande dépasserait beaucoup l'offre possible. Les producteurs actuels affirment que l'on peut arriver à produire, avec bénéfice, à moins de 3 cents la livre, même avec les méthodes assez primitives que l'on emploie, et que bien entendu ce prix de revient serait considérablement réduit en utilisant des machines perfectionnées.

Le marché que l'on essaie surtout d'alimenter pour l'instant, c'est le marché des sacs, dont on utilise quelque 20 millions chaque année pour les expéditions de sucre. Les sacs faits en fibre de *malva blanca*, pesant 1.100 à 1.200 grammes, peuvent se vendre avec profit pour 7 à 10 cents (35 à 50 centimes environ). Or normalement les sacs en jute venant de Calcutta ou de Dundee, se vendent, sur le marché de La Havane, de 16 à 18 cents, et depuis la guerre les prix ont monté jusqu'à 25 et même 30 cents. Cette fibre nouvelle aurait autant de résistance que la fibre de jute de Dacca, sa finesse tenant le milieu entre celle du jute et celle du lin. Par une sélection bien comprise et par de bons procédés de culture, on pourrait d'ailleurs accroître tout à la fois sa résistance et sa qualité. Déjà les quelques cultures tentées donnent des résultats bien meilleurs que la plante recueillie à l'état sauvage.

Ce qui ajoute à l'intérêt de la fibre nouvelle, c'est que la *malva blanca* est considérée comme une plante nuisible par les planteurs de tabac de la province de Pinar del Rio, qui cherchent à s'en débarrasser. A l'état sauvage elle pousse des tiges d'une hauteur de 6 mètres environ dans des conditions exceptionnellement favorables, mais le plus ordinairement de 2 à 3 mètres. On peut arriver à en faire deux récoltes par la culture, la tige atteignant un diamètre de 12 à 40 millimètres. C'est la partie extérieure de cette tige qui fournit la fibre. Les meilleures conditions culturales sont un sol fertile et l'abondance des pluies, conditions qui se trouvent réunies à Cuba.

Il n'est pas impossible que la plante puisse être cultivée dans certaines de nos colonies, et il est d'autant plus intéressant de donner sommairement les conditions dans lesquelles se fait actuellement sa culture à Cuba. Après des labourages préalables, on sème entre mars et mai; on trace un peu moins de quatre sillons au mètre; il faut environ 550 kilogrammes de semence pour 12 à 13 hectares; les jeunes plantes seront ensuite éclaircies de manière qu'il en subsiste une cinquantaine au mètre carré. Il est indispensable que les plantes se trouvent assez serrées, de façon qu'elles aient tendance à monter, à donner de hautes tiges, et non point à jeter des branches latérales. C'est au bout de trois mois et demi que l'on procède à la coupe; des rejets se produisent et fournissent une seconde récolte quand les conditions sont bonnes. D'ailleurs, si on laisse venir la plante à graine, on s'aperçoit que les tiges ou plutôt les écorces présentent huit couches de fibres, de finesse, d'épaisseur et de résistance variables; il faut les traiter séparément, ce qui complique beaucoup la préparation de la fibre.

Le traitement des tiges pour l'extraction des fibres se fait toujours à l'eau. On commence par empiler les tiges dans un bac rectangulaire à rouir, puis on les place, en les chargeant de poids, dans une solution d'eau sulfureuse faible à laquelle on ajoute une petite quantité de potasse. Le séjour dans cette solution dure de 6 à 40 jours, suivant la température, le procédé étant très rapide quand la température est élevée. On peut également disposer les tiges dans les petits ruisseaux d'eau sulfureuse qui se trouvent à Cuba dans le district de Vinales, le soufre ayant une influence blanchissante précieuse. Il reste des améliorations de détail à apporter, soit aux modes de culture, soit aux modes de traitement; mais il semble que cette nouvelle fibre va pouvoir entrer sous peu pratiquement dans la consommation industrielle et commerciale.

D. B.

§ 5. — Géographie et Colonisation

L'Expédition antarctique de Sir Ernest Shackleton. — L'explorateur polaire sir Ernest Shackleton, sur le sort duquel on avait éprouvé, pendant un certain temps, une vive inquiétude, avait formé le projet extraordinairement hardi de traverser tout le continent antarctique de part en part, de l'Atlantique au Pacifique, en passant par le pôle. Lorsqu'en 1901 il était parti sur la *Discovery* avec le capitaine Scott qui voulait tenter d'atteindre le pôle Sud, c'est par la terre Victoria, sur le Pacifique, que l'expédition avait cherché une voie d'accès. Ce fut aussi en suivant cette même direction que Shackleton poursuivit à son tour sa course vers le Sud, course qui l'amena le 8 janvier 1909 à 88° 23' lat. S., soit à 178 kilomètres du pôle. Dans son nouveau voyage, c'est de l'Atlantique au contraire qu'il est parti. Mais son but principal n'était plus la conquête du pôle, qui avait été atteint successivement par Amundsen le 14 décembre 1911 et par Scott le 17 janvier 1912; ce qu'il voulait, c'était augmenter nos connaissances sur le continent antarctique, au sujet duquel se posaient encore des problèmes géographiques et dont l'étude scientifique n'était qu'à ses débuts [1]. C'est pour ce motif qu'il avait formé le projet de le traverser, en l'abordant par le côté le moins connu, et le pôle Sud devait marquer seulement une étape de ce raid formidable.

Bien qu'aujourd'hui on considère comme extrêmement probable que l'Antarctique constitue un haut plateau continental unique, cependant, étant donné que l'on n'a pas pu encore constater l'entière continuité des rivages et que des mers pénètrent profondément dans certaines de ses parties, il reste possible de se demander s'il n'y aurait pas dualité ou même pluralité de continents [2]. Du côté de l'Atlantique, le baleinier anglais James Weddell avait, en 1823, trouvé une mer libre à laquelle fut donné son nom, et ayant pénétré jusqu'à 74° 15' lat. S., il n'avait vu aucune terre. On put croire que cette mer, s'enfonçant profondément vers le Sud, créait une solution de continuité du continent antarctique; mais, sur cette partie comme sur d'autres, les nouvelles explorations qui ont été faites, ont constamment ajouté quelques linéaments de plus au littoral circulaire qui semble entourer le pôle. C'est ce qui arriva dans l'est de la mer de Weddell. L'expédition écossaise du Dr Bruce, sur la *Scotia*, découvrit en 1904 la terre de Coats, et, en 1911, l'expédition allemande du lieutenant Filchner reconnut l'existence d'une terre un peu plus méridionale qui paraissait continuer celle de Coats et qu'il appela terre du Prince-Régent-Luitpold. Il était donc intéressant de savoir si d'autres terres venant en prolongation de celles-ci limitaient la mer de Weddell au Sud. C'était là un des problèmes que Shackleton s'était proposé d'élucider.

Il s'agissait donc pour l'explorateur de déterminer l'étendue et les rivages de la mer de Weddell, de reconnaître le versant du plateau polaire incliné vers cette mer et qui est totalement inconnu, et en même temps d'établir ses rapports avec le versant qui regarde le Pacifique. L'expédition avait à rechercher si, comme on l'a supposé, les hauts massifs de la terre de Graham se trouveraient reliés à la chaîne de la Reine-Maud, découverte par Amundsen en 1911 et qui est voisine du pôle sud, à la chaîne du Prince-Olaf et aux autres grandes montagnes qui longent la côte de la terre-Victoria, pour

1. Voir : *The Geographical Journal*, février 1914, p. 173-178; mars 1914, p. 318-321; août 1914, p. 216-217; Ch. Rabot, dans *La Géographie*, 15 janvier 1914, p. 56-59.

2. Voir : La forme du continent antarctique. *Rev. gén. des Sc.* du 30 mai, 1910, p. 412.

former une puissante arête antarctique qui serait sans doute le prolongement extrême des Andes. L'expédition avait mis dans son programme toutes les études se rattachant à la géographie physique et aux sciences naturelles, à la géologie, à la glaciologie, à la météorologie, au magnétisme. Certaines des recherches qu'elle se proposait de faire présentaient un réel caractère d'intérêt pratique. C'est ainsi, par exemple, que l'étude des conditions météorologiques propres à la mer de Weddell pouvait fournir d'intéressantes données pour déterminer le régime des pluies en Amérique, sur lequel elles ne sont pas sans influence.

Ce sont ces considérations diverses qui avaient déterminé le plan du voyage de Shackleton. Il consistait à gagner la terre du Prince-Régent-Luitpold, dans le sud de la mer de Weddell, et à y installer une station d'hivernage. De là, avec quatre hommes, il comptait marcher vers le pôle Sud. Ayant atteint ce point, il se serait dirigé vers la mer de Ross, soit en prenant l'itinéraire d'Amundsen qui, par le glacier Axel-Heiberg, aboutit à la baie des Baleines à l'extrémité orientale de la Grande-Barrière, soit par l'itinéraire plus occidental suivi par lui-même, puis par l'expédition Scott en 1911-1912, lequel conduit dans le Mac-Murdo-Sound par le glacier Beardmore. Il n'y avait pas moins de 2.700 kilomètres à parcourir de la mer de Weddell à la mer de Ross. Une partie seulement de ce plan put être réalisée [1].

Deux navires avaient été préparés pour cette expédition. L'un était l'*Endurance*, récemment construit en Norvège sous la direction du commandant de Gerlache en vue d'explorations polaires ; il devait transporter le chef de l'expédition et tout le groupe principal de la mission dans la mer de Weddell. Le second, l'*Aurora*, qui était l'ancien bateau de sir Douglas Mawson lors de son expédition de 1911-1914 [2], allait être chargé de porter une escouade de renfort qui, sous la conduite du capitaine Mackintosh, l'un des compagnons de Shackleton en 1908-1909, devait s'établir dans le Mac-Murdo-Sound pour s'avancer de là ensuite vers le groupe principal dans la direction du pôle. Tout ce programme faillit s'écrouler au moment où la guerre éclata ; Shackleton offrit de suite ses services à l'Amirauté anglaise, mais, à la demande du roi lui-même, rien ne fut changé à se projets.

L'*Endurance* quitta l'Angleterre au début d'août 1914 et se rendit à Buenos-Aires, d'où le navire partit le 26 octobre pour la Géorgie du Sud ; ayant laissé l'île le 6 décembre, il ne tarda pas à pénétrer dans la région des glaces. Mais la mer de Weddell est encombrée de banquises et de formidables icebergs, et la navigation devait y être extrêmement difficile. Vers le 10 janvier 1915, une terre nouvelle fut découverte, présentant une côte de plusieurs centaines de kilomètres de longueur. L'expédition avait décidé d'essayer d'y débarquer et de renvoyer l'*Endurance*, mais les circonstances atmosphériques se trouvant absolument anormales, le navire fut pris dans la glace, et la pression devint telle que, le 27 octobre 1915, il céda et se rompit ; le 20 novembre, il coulait définitivement. On n'avait pu sauver que trois chaloupes et des approvisionnements restreints.

Au moment de la catastrophe, les explorateurs se trouvaient par 65° 5′ lat. S. et 51° 32′ long. O., la terre la plus proche étant l'île Paulet, faite de basalte, distante de 525 kilomètres. Entraînés par les glaces flottantes qui allaient à la dérive dans la direction du Nord, ils aperçurent le 28 mars 1916 l'île Joinville, et en avril, l'île Clarence, la plus occidentale des Shetlands du Sud. Le 17 avril, à bout de forces, ils débarquèrent, non sans de grandes difficultés, à l'île de l'Eléphant, appartenant à ce groupe, sur une falaise de glace.

Shackleton laissa en cet endroit la majeure partie de l'expédition, soit vingt-deux hommes, et, avec cinq volontaires, il tenta d'atteindre en chaloupe la Géorgie du Sud, distante d'environ 1.200 kilomètres, afin d'y chercher du secours ; grâce à un vent favorable, il gagna l'île en quatorze jours, mais une tempête retarda son débarquement. Ayant mis pied à terre, il dut avec deux de ses compagnons, les seuls en état de marcher, faire une traversée de cette île montagneuse, que l'on n'avait jamais accomplie auparavant, et il arriva à une petite station de pêche, dont les habitants armèrent un bateau pour essayer de porter secours au reste de l'expédition. L'épaisseur de la glace les obligea à y renoncer et Shackleton résolut de pousser jusqu'aux îles Falkland. De là, il put correspondre avec la côte américaine, et le gouvernement de l'Uruguay décida d'envoyer un navire pour recueillir les hommes laissés à l'île de l'Eléphant en prenant au passage Shackleton aux îles Falkland. On vient malheureusement d'apprendre par une dépêche de l'explorateur, envoyée le 25 juin de Port-Stanley dans les îles Falkland, qu'il a vainement essayé de parvenir à l'île de l'Eléphant et qu'il n'a pu effectuer le sauvetage de ses compagnons.

Quant à l'*Aurora*, ce navire avait laissé Hobart, au sud de la Tasmanie, le 24 décembre 1914, et était arrivé au cap Crozier, à l'extrémité de l'île Ross, le 9 janvier 1915. Après des accidents divers, il put débarquer des approvisionnements au cap Evans où le capitaine Scott avait établi ses quartiers d'hiver en 1911 ; puis un détachement se rendit à travers la mer de glace jusqu'au Hut Point, à 14 milles au Sud, où la *Discovery* avait hiverné de 1902 à 1904, lors de la précédente expédition de Scott, alors accompagné de Shackleton.

Le capitaine Mackintosh organisa trois détachements chargés de faire des reconnaissances vers le Sud et d'installer des stations de dépôt, l'une à Minna Bluff, l'autre plus loin, au mont Hooper, et, laissant le commandement du navire au chef officier Stenhouse, il partit avec l'un des groupes. Le Minna Bluff fut atteint, et six des membres de ces détachements revinrent au navire le 11 mars 1915. Mackintosh était resté avec les autres et, depuis lors, on n'a pas eu de leurs nouvelles. D'autre part, quatre autres membres de l'expédition avaient débarqué le 23 mars au cap Evans pour poursuivre leurs observations scientifiques.

Stenhouse avait voulu aller à la recherche des groupes restés au Sud, mais le mauvais temps l'empêcha de laisser son navire. Il eut constamment à lutter contre le mouvement des glaces et celles-ci, devenant de plus en plus épaisses, produisirent, en avril, de sérieuses pressions sur le navire. Le 6 mai, étant complètement entouré par la glace, ses attaches furent brisées et il fut entraîné à la dérive vers le Nord. Le 27 mai, le mont Melbourne fut en vue ; le 10 août, le navire passa près du cap Adare. Enfin, après une longue et pénible navigation, il arriva le 3 avril 1916 seulement à Port-Chalmers, dans la Nouvelle-Zélande.

Il faut souhaiter que des secours puissent être encore portés à temps aux deux groupes d'hommes demeurés sur les glaces de l'Antarctique. Quant à l'expédition, si elle n'a pu donner tous les résultats attendus, elle aura cependant apporté d'importants renseignements géographiques, comme la découverte d'un littoral nouveau du continent antarctique, ainsi que de nombreuses observations magnétiques, météorologiques et biologiques.

Gustave Regelsperger.

1. Hugh Robert Mill : The position of sir Ernest Shackleton's expedition. (*The Geographical Journal*, mai 1916, p. 369-376).

2. *Revue générale des Sciences*, 30 juin 1914, p. 583-584.

LA STRUCTURE DES SPECTRES

LES SPECTRES DE LIGNES

I. — Introduction

La question de la structure des spectres est un des problèmes fondamentaux de la Spectroscopie. Après une période de tâtonnements, elle a reçu un commencement de solution à la suite des travaux de Kayser et Runge et de Rydberg. Les résultats obtenus par ces physiciens ont été exposés par M. Ch. Fabry dans un article publié ici-même[1] en 1903. Depuis cette époque, grâce surtout aux recherches systématiques de Ritz, de Paschen et de Fowler, nos connaissances sur cette question se sont considérablement accrues. C'est pourquoi il a paru désirable d'en faire une nouvelle mise au point pour les lecteurs de la *Revue*.

La lumière étant constituée par un mouvement vibratoire, l'ensemble ou, suivant l'expression reçue, le spectre des radiations émises ou absorbées par un corps dans des conditions déterminées sera complètement défini si l'on mesure : 1° la période ou, ce qui revient au même, la longueur d'onde dans le vide caractéristique de chaque radiation ; 2° l'intensité correspondante de l'émission ou de l'absorption. Ces mesures constituent la première étape vers la solution du problème qui nous occupe.

Il faut ensuite chercher les lois de distribution des intensités dans l'échelle des longueurs d'onde. On se trouve alors tout de suite en présence de trois grandes classes de spectres. Si, par exemple, on examine la lumière émise par un corps solide incandescent, on observe dans le champ du spectroscope une bande continue le long de laquelle l'intensité varie graduellement et présente suivant les cas un ou plusieurs maxima : on a un spectre *continu*. Si, au contraire, le corps étudié est un gaz ou une vapeur, la courbe des intensités comprend le plus souvent des maxima séparés par des intervalles où l'intensité est sensiblement nulle : le *spectre est discontinu*. Les spectres de cette dernière sorte se ramènent d'ailleurs tous à deux types généraux. Les uns sont constitués par des sortes de cannelures qui se résolvent souvent, au moyen d'appareils de grand pouvoir séparateur, en groupements très denses de raies fines dont l'intensité va en croissant à mesure qu'elles deviennent plus serrées : ce sont les *spectres de bandes*. Les autres sont formés de raies plus ou moins fines, qui sont parfois très nombreuses et qui, contrairement à ce qui se passe pour les spectres de bandes, ne présentent pas de régions d'accumulation qui soient à la fois des maxima d'intensité : ce sont *les spectres de lignes*. Ils sont de tous les mieux connus aujourd'hui, et nous les considérerons exclusivement dans ce qui suit.

Dans le cas des spectres de lignes, la recherche des lois de distribution des intensités se ramène naturellement à celle des relations numériques entre les longueurs d'onde de leurs raies.

On doit aboutir ainsi à l'établissement de familles de raies dont les positions pourront être représentées par des formules empiriques. Mais, pour être sûr que l'on a bien affaire à des familles naturelles ayant une véritable signification physique, il faudra qu'on puisse les retrouver lorsqu'on fera varier les circonstances de production des spectres. Ces circonstances peuvent être très différentes. Il est possible d'exciter l'émission d'un gaz en le portant à une haute température ou en l'introduisant dans une flamme, en le soumettant à l'action de radiations lumineuses convenablement choisies ou à celle de radiations corpusculaires telles que les rayons cathodiques, les rayons positifs ou encore les rayons α et β des corps radioactifs. On peut enfin se servir de l'arc électrique ou de l'étincelle, et c'est même la méthode la plus généralement employée.

L'étude de ces différents modes d'excitation des spectres a montré que toutes les raies des spectres de lignes peuvent se rattacher à deux types. Les raies du premier type sont celles que l'on obtient dans la partie extérieure de la flamme d'un bec Bunsen, dans l'arc électrique, dans la partie de l'étincelle que l'on appelle auréole par opposition au trait de feu. Les autres, caractéristiques du cône bleu de la flamme du Bunsen, sont peu développées dans l'arc, sauf au voisinage immédiat des pôles ; dans l'étincelle, on trouve qu'elles sont renforcées, mais qu'elles disparaissent, sauf sur les points brillants qui terminent les électrodes, quand on augmente suffisamment la self-induction du circuit de décharge (Hemsalech). On appelle généralement *raies d'arc* les raies du premier type, tandis que les autres sont désignées sous le nom de raies d'étincelle ou raies renforcées : ce sont les *enhanced lines* de

1. Ch. Fabry : La structure des spectres. *Rev. gén. des Sc.*, t. XIV, p. 237.

Lockyer. A la vérité, toutes les raies ne présentent pas des caractères aussi tranchés. Il existe entre les raies d'arc et les raies d'étincelle qui répondent à la définition précédente de nombreux termes de transition, si bien qu'on a dû distinguer plusieurs classes de raies d'étincelle et qu'il est parfois difficile de discerner à quel type appartient une raie déterminée.

Pour éliminer les incertitudes de cette sorte, il est avantageux de considérer les variations que subissent les spectres, non plus en comparant les différents procédés que nous employons pour les obtenir et dont le mécanisme nous est fort peu connu, mais en soumettant les sources lumineuses à des agents physiques bien définis, tels que la pression, un champ magnétique ou électrique. Dans ces conditions, les modifications que subissent les spectres se manifestent soit par des décompositions des raies en composantes polarisées, soit par des changements de longueur d'onde. Dans tous les cas, elles sont susceptibles de mesures précises, et, comme évidemment elles sont liées intimement à l'origine des raies modifiées, elles nous fournissent un moyen puissant et sûr de vérifier les lois numériques de distribution. Bien plus, en nous montrant comment réagit l'atome lumineux, elles nous amènent à nous faire une idée de sa constitution et nous indiquent dans quelle voie il convient de chercher pour construire une théorie satisfaisante de l'origine des spectres, ce qui serait la troisième et dernière étape vers la solution du problème spectroscopique fondamental.

II. — Les relevés des spectres

Les raies qui constituent un spectre de lignes ne correspondent pas à des radiations strictement monochromatiques, mais à des intervalles de longueur d'onde très étroits. Il résulte de là que le relevé complet d'un tel spectre comprend, outre la mesure de la longueur d'onde relative au centre de ses raies, celle de leur largeur, de leur intensité et de leur structure interne.

En fait, les relevés que nous possédons actuellement sont fort incomplets, surtout en ce qui concerne l'intensité, la largeur et la structure des raies. Depuis longtemps, l'usage des réseaux de diffraction avait permis de remarquer qu'une raie spectrale est souvent formée de plusieurs composantes : la plus intense de ces composantes était considérée comme la raie principale et les autres comme ses satellites. Ces composantes sont la plupart du temps très serrées et n'ont pu être reconnues et résolues que grâce au pouvoir séparateur considérable des appareils interférentiels, tels que l'interféromètre de MM. Fabry et Pérot. C'est encore l'emploi de cet appareil qui a permis à MM. Fabry et Buisson de mesurer pour la première fois avec précision la largeur de quelques raies. Quant aux intensités, on s'est contenté le plus souvent d'estimations approchées, et bien peu de raies ont été l'objet de mesures photométriques.

La mesure des longueurs d'onde a fait l'objet de recherches beaucoup plus étendues et les étalons qui servent dans cette opération ont été unifiés dans des Congrès internationaux. A cause des petites erreurs que présentait le système des étalons déterminés par Rowland, qui se servait de réseaux concaves, on a décidé de lui substituer un nouveau système, dit International, établi uniquement au moyen de l'interféromètre de MM. Fabry et Pérot. Ces physiciens ont, en collaboration avec M. Benoît, déterminé en fonction du mètre étalon la longueur d'onde de la raie rouge du cadmium, qui est simple et qu'on peut obtenir très fine. Ils ont trouvé qu'à la pression normale, dans l'air sec, à la température de 15° C., elle est égale à 6438, 4696. 10^{-10} mètre. On dit qu'elle est de 6438,4696 ångströms, ce qui définit l'ångström, unité aujourd'hui employée par tous les spectroscopistes, et qui est égale à 10^{-8} centimètre avec une précision voisine du dix-millionième[1]. On a ensuite comparé à la longueur d'onde de cette raie du cadmium celle d'un ensemble de raies prises pour la plupart dans le spectre d'arc du fer, et qui se suivent à des intervalles voisins de 50 ångströms ; les moyennes des nombres obtenus par différents observateurs ont été adoptées comme *étalons* secondaires internationaux. Actuellement la série des repères ainsi établis s'étend depuis 20581,31 ångströms, dans l'infra-rouge, jusqu'à 3370,789 ångströms dans l'ultra-violet.

Au moyen de ces raies qui servent de repères, il est relativement facile de déterminer la longueur d'onde d'une raie quelconque, par interpolation entre celles de deux repères suffisamment rapprochés qui l'encadrent. Actuellement, nous possédons pour les divers éléments le tableau des longueurs d'onde de la plupart de leurs raies depuis 60000 ångströms dans l'infra-rouge jusqu'au delà de 1000 ångströms dans l'extrême ultra-violet.

Malgré les lacunes encore nombreuses que présentent ces tableaux, dont plusieurs sont encore rapportés au système des étalons de Rowland,

1. La désignation de cette unité rappelle le nom du physicien suédois Angström qui a établi le premier système d'étalons de longueur d'onde.

ils ont permis de faire une recherche systématique des lois de distribution des raies dans les spectres des divers éléments. A ce point de vue, l'expérience a montré qu'il fallait se servir non de l'échelle des longueurs d'onde, mais de celle des fréquences de vibrations. On sait d'ailleurs que les fréquences N sont liées aux longueurs d'onde dans le vide λ par la formule $N = \frac{V}{\lambda}$, où V est la vitesse de la lumière dans le vide. Mais cette vitesse, qui est la même pour toutes les radiations, n'est connue qu'à un millième près ; on a donc trouvé plus avantageux d'utiliser, au lieu des fréquences N, les fréquences réduites ν, qui leur sont proportionnelles et qui sont données par le nombre de longueurs d'onde λ contenues dans une longueur fixe, le centimètre par exemple. De cette sorte, si les longueurs d'onde λ sont exprimées en ångströms, on a $\nu = \frac{1}{\lambda} \cdot 10^{-8}$; et, pour passer de l'échelle des λ à celle des fréquences réduites, il suffit de réduire au vide, au moyen de l'indice de réfraction de l'air, les longueurs d'onde déterminées expérimentalement et de prendre leurs inverses.

Le résultat de ces recherches a été la découverte des *séries* spectrales. Une série est un ensemble de raies qui vont en se resserrant et en diminuant d'intensité, à mesure que leur fréquence augmente, jusqu'à un point d'accumulation qu'on appelle la *limite* de la série.

III. — Les Séries

§ I. — Les séries dans les spectres d'arc

L'existence de séries convergentes de raies a d'abord été établie pour les spectres du type des spectres d'arc. Cette découverte dérive de deux constatations essentielles. La première est celle de la présence dans certains spectres de groupements de deux ou de trois raies, qui se répètent identiquement plusieurs fois.—Mascart est le premier qui fit cette remarque, en 1869. Plus tard, Hartley fit observer que, si les raies sont rapportées à l'échelle des fréquences, on trouve que les intervalles entre les composantes de ces groupements, doublets ou triplets, sont les mêmes pour un même spectre. On n'avait encore trouvé aucune loi dans la succession de ces groupements quand, en 1885, Balmer montra que les 4 raies principales du spectre de l'hydrogène pouvaient être représentées à l'échelle des fréquences par la formule

$$\nu = A - \frac{N}{m^2}.$$

A et N sont deux constantes, tandis que m prend la suite des valeurs entières à partir de 3. Cette formule put d'ailleurs être appliquée presque aussitôt, avec une erreur moindre que le $\frac{1}{100.000}$, à neuf autres raies trouvées par Cornu dans l'ultraviolet. La figure 1 représente l'ensemble de ces raies à l'échelle des fréquences, les intensités étant grossièrement indiquées par l'épaisseur des traits. On voit que les intensités diminuent en même temps que les intervalles et que les raies semblent tendre vers une limite, correspondant à la fréquence $\nu = A = 27419{,}82$ dans le système international.

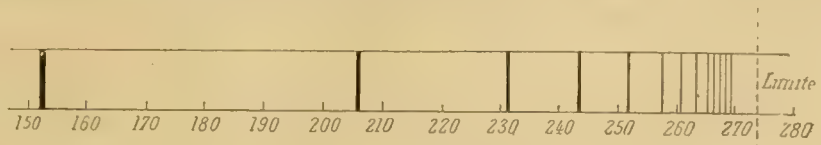


Fig. 1. — *Série de Balmer.*

L'importance de ce résultat fut aussitôt reconnue et des recherches étendues furent entreprises pour trouver des lois de distribution du même type dans les spectres de lignes des autres éléments. On est ainsi arrivé à établir la loi de succession des groupements de Hartley et à résoudre un grand nombre de spectres en systèmes de séries, construites sur le modèle de celle de l'hydrogène. Les formules qui les représentent sont des généralisations de celle de Balmer. Une des premières et des plus heureuses de ces généralisations est celle qui fut proposée par Rydberg et qui s'écrit :

$$\nu = A - \frac{N}{(m + \mu)^2},$$

N étant une constante universelle, A représentant la fréquence limite de la série et μ étant un nombre fixe pour chaque série et plus petit que l'unité. L'expérience a montré que cette formule représente assez bien les termes de rang élevé, mais qu'elle conduit à des résultats d'autant moins conformes aux observations qu'on avance davantage vers les premiers termes de la série. C'est pourquoi Ritz a proposé d'adjoindre à la constante μ un terme correctif dont l'influence croîtra à mesure qu'augmentera la différence $A - \nu$ entre la limite de la série et la fréquence de

la raie considérée. On est ainsi conduit à la forme :

$$\nu = A - \frac{N}{[m + \mu + \mu'(A - \nu)]^2}$$

Pour la commodité des calculs, on remplace souvent le terme correctif $\mu'(A - \nu)$ par un développement suivant les puissances de $\frac{1}{m}$ limité en général à son premier terme. C'est ainsi que Ritz et Paschen ont utilisé la formule :

$$\nu = A - \frac{N}{\left[m + \mu + \frac{\mu'}{m^2}\right]^2},$$

tandis que Hicks et Fowler emploient de préférence la forme

$$\nu = A - \frac{N}{\left[m + \mu + \frac{\mu'}{m}\right]^2}$$

qui représente un peu plus exactement les observations. Comme ces formules sont longues à écrire, on emploie d'après Ritz une notation abrégée et l'on écrit symboliquement

$$\nu = A - (m, \mu, \mu')$$

C'est ainsi que la série de raies qui contient la raie D_2 du sodium et qui est représentée par la formule de Ritz

$$\nu = A - \frac{N}{\left[m + \mu + \frac{\mu'}{m^2}\right]^2} =$$

$$41444{,}87 - \frac{109675{,}0}{\left[m + 0{,}14593 - \frac{0{,}1158}{m^2}\right]^2}$$

$$m = 2, 3, \ldots$$

s'écria plus simplement

$$\nu = A - m\mu\mu' = 41444{,}87 - m;\ 0{,}14593;\ 0{,}1158$$
$$m = 2, 3.$$

Il arrive fréquemment que la communauté d'origine qui doit exister entre les raies d'une même série représentées par une même formule se révèle par une communauté d'aspect; c'est le cas en particulier pour les spectres des métaux alcalins. Considérons par exemple le spectre du cæsium; nous y distinguons tout de suite trois familles de raies, formant trois séries de doublets. Les premières, très brillantes, apparaissent même lorsque la vapeur métallique n'est pas à une très haute température et sont par suite facilement renversables[2]. Les plus intenses d'entre elles sont précisément les raies ultimes de M. de Gramont. Dans chaque doublet, la composante la plus intense est toujours celle qui a la plus courte longueur d'onde; c'est elle qui est la plus large et se renverse le plus facilement. L'intervalle, rapporté à l'échelle des fréquences, des composantes de chaque doublet devient de plus en plus petit à mesure que les doublets se resserrent l'un contre l'autre. Ces doublets forment deux séries associées qui ont même limite et dont l'ensemble est appelé une *série principale double*.

D'autres raies, moins intenses, apparaissent seulement à la haute température de l'arc électrique et sont plus difficilement renversables. Dans chaque doublet, la composante la plus intense est cette fois celle qui a la plus grande longueur d'onde et l'intervalle des composantes est le même pour tous les doublets. Ces raies forment des séries appelées souvent, d'après Kayser et Runge, *séries secondaires*. Elles sont d'ailleurs de deux types très différents. Les unes sont fines, d'aspect symétrique; elles forment deux séries associées ayant chacune sa limite propre et leur ensemble est appelé *une série fine* (Rydberg) ou *une 2e série secondaire double* (Kayser et Runge). Les autres sont larges, à bords diffus, surtout du côté du rouge, et sont plus intenses que les précédentes. Dans chaque doublet, la composante la plus intense est accompagnée, du côté des grandes longueurs d'onde, d'un satellite, dont elle devient de plus en plus voisine à mesure qu'on avance vers les fréquences élevées. On a une *série diffuse* (Rydberg) ou une *1re série secondaire double* (Kayser et Runge); et c'est entre le satellite de la composante forte et la composante faible de chaque doublet que l'intervalle est constant tout le long de la série.

Jusqu'à ces dernières années, ces trois séries étaient les seules connues; les travaux de Bergmann et de Paschen ont montré qu'il fallait leur adjoindre une quatrième série; on l'appelle, d'après Ritz, la série de Bergmann[1]. C'est également une série de doublets à intervalles constants, comme ceux des séries secondaires.

L'étude comparée de ces quatre séries, représentées dans la figure 2, montre qu'entre elles existent des relations très étroites.

On peut remarquer en effet que, dans les deux séries secondaires fine et diffuse, la largeur des doublets est la même et que les deux branches correspondantes de ces deux séries ont mêmes limites. La série fine est d'autre part étroitement apparentée à la série principale. Leur premier doublet est commun et les fréquences des deux composantes de ce doublet sont égales respectivement aux différences entre la fréquence limite

1. Une raie brillante est dite renversée lorsqu'elle est sillonnée suivant son axe d'une raie sombre plus ou moins fine, due en général à l'absorption des couches extérieures de la source lumineuse.

1. Hicks et Fowler l'appellent la série fondamentale.

de la série principale et les fréquences limites des deux branches de la série fine : c'est la règle de Schuster-Rydberg. Il existe d'ailleurs des relations du même ordre entre la série diffuse et la série de Bergmann. En effet, la largeur des doublets de celle-ci est égale à l'intervalle entre la composante forte et son satellite dans le premier terme de la série diffuse. De plus, les fréquences de ces deux raies sont égales respectivement aux différences entre la fréquence limite de la branche forte de la série diffuse et les fréquences limites des deux branches de la série de Bergmann.

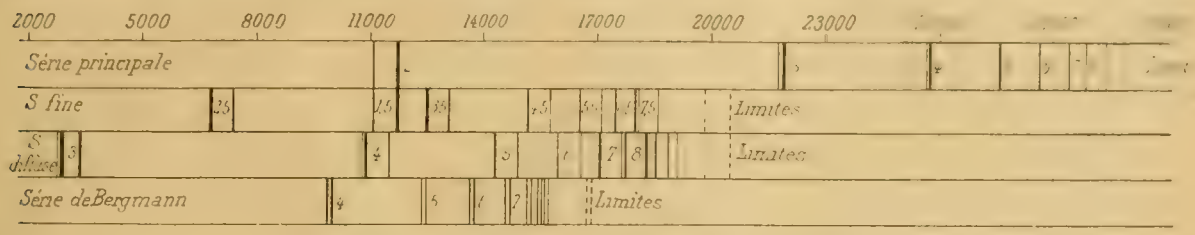


Fig. 2. — *Système des séries du spectre d'arc du cæsium.*

moyenne a également un satellite, tandis que la composante faible est simple. Ces satellites sont quelquefois trop serrés pour être séparés. Tout le long de la série, on aura des intervalles constants non entre les composantes principales, mais entre le premier satellite de la composante forte et celui de la composante moyenne et entre celui-ci et la composante faible. La figure 3 représente les deux premiers triplets complexes de la série diffuse du cadmium et le 2e triplet de la série fine du même élément.

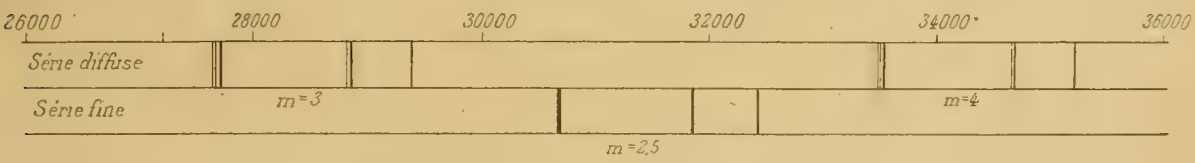


Fig. 3. — *Triplets des séries secondaires du cadmium.*

Un tel système de quatre séries se retrouve plus ou moins développé dans les spectres d'arc d'autres éléments. Mais, au lieu d'avoir toujours affaire à des séries de doublets, comme pour le cæsium et les autres métaux alcalins, on rencontre souvent des séries de raies simples et des séries de triplets. Dans ce dernier cas, qui comprend en particulier les spectres des métaux alcalino-terreux, la structure des séries, tout en restant réglée par les lois précédentes, est un peu plus complexe. Dans chaque triplet, les composantes se suivent dans l'ordre des intensités et l'intervalle qui sépare la composante forte de la composante moyenne est environ le double de la distance entre celle-ci et la composante faible. C'est d'ailleurs la composante la plus réfrangible qui dans les séries principales est la composante forte, tandis que dans les séries secondaires elle est la plus faible. La série diffuse est composée de triplets dont la structure est complexe. La composante forte est accompagnée du côté des grandes longueurs d'onde de deux satellites qui forment avec elle un triplet plus serré de la nature de ceux des séries principales ; la composante

Si l'on tient compte des relations entre les séries, nous pourrons représenter entièrement un système de séries par un groupe de formules compact et commode, en employant la notation de Ritz, qui ne présente aucune ambiguité. C'est ainsi que, pour un système de triplets, nous aurons le tableau I (page 400), où les lettres p, π s, σ, d, δ, f, φ, sont les constantes μ et μ' des formules de Ritz ou de Hicks correspondant aux différentes séries.

Pour un système de doublets, il suffirait de garder les formules relatives aux composantes d'indices 2 et 3, et pour un système de raies simples celles qui se rapportent aux ν_3. Il est facile, d'après cela, de désigner par un symbole simple une raie quelconque d'une série : c'est ainsi que la composante forte du 3e triplet complexe d'une série diffuse serait indiquée par la notation

$$2\, p_1\, \pi_1 - 5\, d\, \delta.$$

Ce système de quatre séries constitue la structure fondamentale des spectres de lignes, et certains d'entre eux contiennent à la fois des séries de triplets, de doublets et de raies simples. Mais, même dans ce dernier cas, on n'obtient ainsi en général qu'une partie de l'ensemble des

Tableau I. — Représentation d'un système de triplets

Série principale

Composante forte	$\nu_1 = 1{,}5s\sigma - mp_1\pi_1$	petits λ	
Composante moyenne	$\nu_2 = 1{,}5s\sigma - mp_2\pi_2$		$m = 2, 3, 4 \ldots\ldots$
Composante faible	$\nu_3 = 1{,}5s\sigma - mp_3\pi_3$	grands λ	

Série fine

Composante forte	$\nu_1 = 2p_1\pi_1 - ms\sigma$	grands λ	
Composante moyenne	$\nu_2 = 2p_2\pi_2 - ms\sigma$		$m = 1{,}5;\ 2{,}5;\ 3{,}5 \ldots$
Composante faible	$\nu_3 = 2p_3\pi_3 - ms\sigma$	petits λ	

Série diffuse

1° satellite	$\nu''_1 = 2p_1\pi_1 - md''\delta''$	grands λ	
2° satellite	$\nu'_1 = 2p_1\pi_1 - md'\delta'$		
Composante forte	$\nu_1 = 2p_1\pi_1 - md\delta$		$m = 3, 4, 5 \ldots$
Satellite	$\nu'_2 = 2p_2\pi_2 - md''\delta''$		
Composante moyenne	$\nu_2 = 2p_2\pi_2 - md'\delta'$		
Composante faible	$\nu_3 = 2p_3\pi_3 - md''\delta''$	petits λ	

Série de Bergmann (*)

	$\nu_1 - 3d\delta - mf\varphi$	grands λ	
	$\nu_2 = 3d'\delta' - mf\varphi$		$m = 4, 5, 6 \ldots\ldots$
	$\nu_3 - 3d''\delta'' - mf\varphi$	petits λ	

raies d'un spectre. Ritz a montré que, des quatre séries fondamentales, on pouvait déduire de nouvelles séries qu'il a appelées *séries de combinaisons*, et dès lors le nombre des raies qu'il a été possible de sérier a été notablement augmenté. La généralisation de Ritz se comprend facilement si l'on considère la forme des formules des séries. On voit, en effet, qu'elles se présentent comme la différence de deux termes de même structure. Le premier, qui donne la limite de la série, contient un paramètre fixe, qui est 1,5 pour la série principale, 2 pour les séries secondaires, 3 pour la série de Bergmann. Si, sans rien changer au second terme, nous donnons à ce paramètre des valeurs différentes, à chacune de ces nouvelles valeurs correspondra une nouvelle série dont la marche sera *parallèle* à celle de la série fondamentale correspondante et dont la fréquence limite sera d'autant plus élevée que la valeur choisie sera plus petite. Si, en outre, nous considérons que les deux termes dont la différence donne la fréquence des raies des séries fondamentales ou des séries parallèles ont en quelque sorte une existence séparée et si nous les associons de toutes les façons possibles, nous obtiendrons tout un système de *combinaisons* dont celui des séries fondamentales n'est plus qu'un cas particulier, et dont un grand nombre ont été retrouvées par l'expérience.

Les combinaisons ainsi introduites par Ritz se font seulement à l'intérieur d'un même système de séries fondamentales. Paschen a donné une extension plus grande aux idées de Ritz. Il a montré que, dans les spectres possédant plusieurs systèmes fondamentaux, on pouvait avoir encore des combinaisons entre les termes des séries appartenant à des systèmes différents, entre les séries de raies simples par exemple et les séries de triplets. C'est là un résultat d'une importance capitale, car il met en évidence la parenté d'origine des raies d'un même spectre, quel que soit le mode de groupement qu'elles affectent.

§ 2. — Les séries dans les spectres d'étincelle

Il avait été impossible jusqu'à ces derniers temps de trouver une régularité dans la distribution des raies d'étincelle. On avait même pensé que, si de telles régularités existaient, elles étaient peut-être d'un type tout différent de celles qui se trouvent dans les raies d'arc. Un mémoire récent dû à Fowler vient de jeter une lumière toute nouvelle sur cette question; et c'est encore l'étude du spectre de l'hydrogène qui a permis ce progrès.

Pickering avait trouvé dans le spectre de l'étoile ζ Poupe plusieurs raies, que Rydberg avait cru pouvoir considérer comme les neuf premières de la série fine et la première de la série principale d'un système de séries de l'hydrogène, dont la

(*) Dans les séries doubles de Bergmann les constantes b et β sont très voisines respectivement de $p_1 - p_2$ et de $\pi_1 - \pi_2$.

formule de Balmer représenterait la série diffuse. En 1912, Fowler, faisant passer de fortes décharges dans un tube de Geissler contenant de l'hydrogène et de l'hélium, parvint pour la première fois à obtenir expérimentalement ces mêmes raies. Il en trouvait d'ailleurs de nouvelles qui complétaient la série principale supposée et d'autres, complètement inattendues, qui s'intercalaient entre celles-ci, en formant une suite continue de raies d'intensités décroissantes. Plus récemment, Evans et Stark arrivaient à produire l'ensemble de ces nouvelles raies avec un tube d'hélium pur dans des conditions où il fut impossible de découvrir la moindre trace des raies de la série de Balmer. Fowler fut ainsi amené à les considérer comme les raies d'étincelle de l'hélium, ainsi d'ailleurs que l'avait déjà fait Bohr en s'appuyant sur des considérations théoriques dont nous parlerons plus loin. L'étude comparée des spectres d'étincelle des métaux alcalino-terreux et du magnésium le conduisit alors à introduire pour cette catégorie de raies un nouveau type de séries, de même forme générale que les séries anciennes, mais qui seraient caractérisées par la substitution à la constante de Rydberg N du facteur 4N.

Dans ces conditions, les raies que l'on considérait auparavant comme celles de la série principale de l'hydrogène forment avec les raies intercalaires une seule série, que nous appellerons la série de Fowler et qui est donnée par la formule suivante :

$$\nu = 4N\left[\frac{1}{3^2} - \frac{1}{m^2}\right] \qquad m = 4, 5 \ldots\ldots$$

Elle est représentée dans la figure 4. De même, la série de Pickering ne serait pas la série fine de l'hydrogène, mais une série de l'hélium parallèle à la série de Fowler. Cette manière de voir a d'ailleurs été confirmée par les travaux de Lyman, qui vient de trouver dans l'ultraviolet extrême les premières raies d'une nouvelle série de l'hélium parallèle aux précédentes.

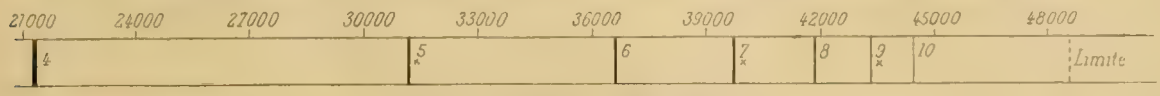


Fig. 4. — *Série de Fowler* (hélium).
Les raies marquées d'un astérisque sont celles qui n'entraient pas dans la série principale supposée de l'hydrogène.

On peut ainsi considérer que la série de Fowler donne le type des séries de raies d'étincelle, comme la formule de Balmer celui des séries de raies d'arc. Et de même que dans les spectres d'arc des autres éléments la série de Balmer est remplacée par les systèmes des quatre séries fondamentales et des combinaisons, on devra s'attendre à une décomposition analogue de la série de Fowler. C'est ce que Fowler a vérifié sur les spectres d'étincelle du calcium, du strontium et du magnésium, où l'on retrouve, avec les mêmes caractéristiques essentielles, la systématique des séries exposée à propos des spectres d'arc. Il n'a d'ailleurs trouvé aucune relation numérique entre ces séries nouvelles et les séries de raies d'arc des mêmes éléments.

§ 3. — Les séries dans les spectres des divers éléments.

Pour étudier la distribution des séries dans les spectres des éléments, il est commode de se servir de la classification périodique de Mendéléeff. Elle est représentée dans le tableau II suivant, établi d'après Rydberg.

Tableau II. — Classification périodique des éléments

0	I	II	III	IV	V	VII	VII	VIII	—
E —	H 1,008 —								
He(3,99) Ne*(20,2)	Li 6,94 Na 23,00	Be 9,1 Mg 24,3	B 11,0 Al 27,1	C* 12,0 Si 28,3	N* 14,0 P* 31,0	O 16,0 S 32,1	F 19,0 Cl* 35,5		
Ar(39,88 Ni*(58,7) Kr*(82,9) Pd*(106,7)	K 39,1 Cu 63,6 Rb 85,45 Ag 107,9	Ca 40,1 Zn 65,4 Sr 87,6 Cd 112,4	Sc 44,1 Ga 69,9 Y 89,0 In 114,8	Ti* 48,1 Ge* 72,5 Zr 90,6 Sn 119,0	V* 51,0 As* 74,96 Nb 93,5 Sb 120,2	Cr 52,0 Se 79,2 Mo* 96,0 Te* 127,5	Mn 54,9 Br* 79,9 I* 126,9	Fe* 55,8 Ru* 101,7	Co* 59,0 Rh* 102,9
X*(130,2) Sm*(150,4) Pt*(195,2) Nt(222,4)	Cs 132,8 Eu 152,0 Au* 197,2	Ba 137,4 Gd 157,3 Yb 172,0 Hy 200,6 Ra 226,4	La 139,0 Tb 159,2 Lu 174,0 Tl 204,0	Ce* 140,25 Dy* 162,5 Pb* 207,1 Th 232,4	Pr* 140,6 Ho* 163,5 Ta* 181,5 Bi* 208,0	Nd* 144,3 Er* 167,7 W* 184,0 U 238,5	Tu* 168,5	Os* 190,9	Ir 193,1

Les éléments dont les spectres donnent des séries sont soulignés de deux traits ; on voit que dans toutes les colonnes, sauf dans les deux dernières, il existe de tels éléments, et que leur nombre est particulièrement grand dans les colonnes I, II et III. Ce sont d'ailleurs ceux qui jusqu'ici ont été l'objet des recherches les plus étendues et les plus systématiques, de sorte que, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne peut pas conclure à une distribution particulière des spectres en séries dans la classification périodique considérée dans son ensemble. La considération des colonnes de Mendéléef a cependant donné lieu à des constatations intéressantes sur les modifications de structure que subissent les spectres quand on compare des éléments de groupe chimique différent.

On trouve, en effet, que les corps d'une même colonne ont des spectres de même structure. Ainsi ceux de la colonne I sont formés de séries de doublets ; dans la colonne II, on a à la fois des séries de raies simples, de doublets et de triplets ; dans la colonne III, on n'a trouvé jusqu'à présent que des séries de doublets.

A l'intérieur d'une même colonne, on observe d'ailleurs une modification progressive de la structure des séries. On a reconnu tout d'abord que, dans chaque groupe, les limites des séries principales et des séries secondaires se déplacent vers les grandes longueurs d'onde à mesure qu'on considère des éléments de poids atomique plus élevé. La loi de ce déplacement n'a pu encore être exprimée numériquement et les observations récentes sur les séries nouvelles, telles que les séries de Bergmann, ont mis en évidence des exceptions nombreuses au sens général de ce déplacement.

On a été plus heureux dans l'étude de la variation de l'intervalle entre les composantes des doublets et des triplets de séries. A mesure que le poids atomique devient plus élevé, cet intervalle devient plus grand. On avait même cru pouvoir poser qu'il variait comme les carrés des poids atomiques des éléments de chaque groupe. En fait, cette loi de variation n'est que grossièrement approchée, et s'écarte très notablement des valeurs observées quand les doublets sont très étroits ou très larges. C'est ainsi que les doublets du lithium ont une largeur $\Delta\nu = 0{,}32$, alors que la règle des carrés des poids atomiques, qui s'applique assez bien aux autres métaux alcalins, donnerait $\Delta\nu = 1{,}57$. En revanche, les doublets du radium sont plus larges que ne l'indique cette règle, d'après les valeurs obtenues pour les métaux alcalino-terreux ; ils correspondraient à un poids atomique égal à 257,8 alors que le nombre trouvé par Mme Curie est seulement de 226,4.

Cet accroissement de largeur des doublets et triplets avec le poids atomique a une conséquence fort importante pour la recherche des séries. Dans les éléments de poids atomique élevé, dont les spectres sont en général très riches en raies, les composantes d'un doublet peuvent être très distantes l'une de l'autre, et l'intervalle qui les sépare peut être sillonné de raies appartenant à d'autres groupes. La recherche des séries deviendra dès lors très difficile.

La difficulté est encore accrue par ce fait que la chute d'intensité à partir de l'origine d'une série est de plus en plus rapide à mesure qu'augmente le poids atomique de l'élément considéré. On se rend compte ainsi que, dans beaucoup de spectres à raies nombreuses, on ne trouvera plus que des séries réduites à leurs premiers termes ou, comme on l'a dit, que des débris de séries. Et c'est sans doute une des raisons pour lesquelles certains spectres de lignes nous apparaissent sans aucune régularité et que d'autres se présentent comme des systèmes de groupements de raies à intervalles constants, sans qu'on ait pu trouver une loi de succession de ces groupements. On a souvent considéré que ces spectres à différences constantes formaient une catégorie distincte de celle des spectres en séries, et qu'on avait affaire à une loi de distribution différente. Malgré les travaux récents de Paulson, qui a trouvé de tels groupements dans les spectres de lignes d'un grand nombre d'éléments [1], il est encore impossible de se prononcer sur ce point, de même que sur la structure des spectres où l'on n'a encore trouvé aucune régularité.

§ 4. — Les séries et le phénomène de Zeeman

Une première justification de la systématique des séries se trouve dans sa puissance de classification ; l'expérience a d'ailleurs montré qu'elle nous donnait une véritable classification naturelle. En effet, si on considère le déplacement des raies vers le rouge sous l'influence de l'accroissement de la pression du gaz ambiant, l'effet Doppler observé par Stark dans les spectres des rayons positifs, l'action du champ électrique sur les sources lumineuses, on voit que les observations se classent très facilement quand on les rapporte aux séries. Mais, jusqu'à présent, l'étude de ces phénomènes est encore trop peu avancée pour fournir autre chose que des indications qualitatives. Au contraire, les mesures faites sur les

1. Ce sont les éléments qui, dans le tableau, sont marqués d'un astérisque.

changements que subissent les spectres sous l'action d'un champ magnétique ont donné de la classification des raies en séries une vérification éclatante. On sait, depuis la découverte de Zeeman, que dans ces conditions les raies se décomposent en composantes polarisées, dont l'écartement va en croissant proportionnellement au champ magnétique. D'après la théorie élémentaire que Lorentz a donnée du phénomène de Zeeman, toutes les raies doivent se décomposer de la même manière. En observant suivant une direction normale aux lignes de forces du champ, on apercevra au lieu de la raie primitive un triplet, dont la composante centrale est polarisée dans le plan normal aux lignes de forces, les composantes latérales étant polarisées dans le plan des lignes de forces. L'écart de ces composantes latérales à la composante centrale, qui occupe la place de la raie naturelle, doit être égal, dans l'échelle adoptée des fréquences, à $a = 4{,}680.10^{-5}$ pour un champ de 1 gauss. On appelle un tel triplet le *triplet normal*.

En fait, l'expérience a montré que toutes les raies des séries de raies simples donnent des triplets normaux. Au contraire, les raies des séries doubles ou triples donnent en général des décompositions plus compliquées. Quand le champ magnétique est assez faible pour que les composantes magnétiques des raies d'un doublet ou d'un triplet naturel ne s'enchevêtrent pas, chacune de ses raies se modifie pour son propre compte. Dans ces conditions, on trouve que les raies d'un même corps appartenant à une même série présentent des changements identiques et de même grandeur à l'échelle des fréquences, et que les changements magnétiques sont encore les mêmes dans les séries correspondantes des spectres des divers éléments. Cette règle, due à Preston, se vérifie constamment dans les séries fines et dans les séries principales. La figure 5 représente dans l'échelle des fréquences les décompositions obtenues dans ces conditions pour ces deux types de séries. Les composantes polarisées dans le plan des lignes de forces sont marquées en traits pleins, les autres en pointillé. On voit que les écarts des diverses composantes sont en relation simple avec l'écart normal. Il est très remarquable que l'on obtienne les mêmes types de décompositions magnétiques avec les séries de raies d'arc et les séries de raies d'étincelle.

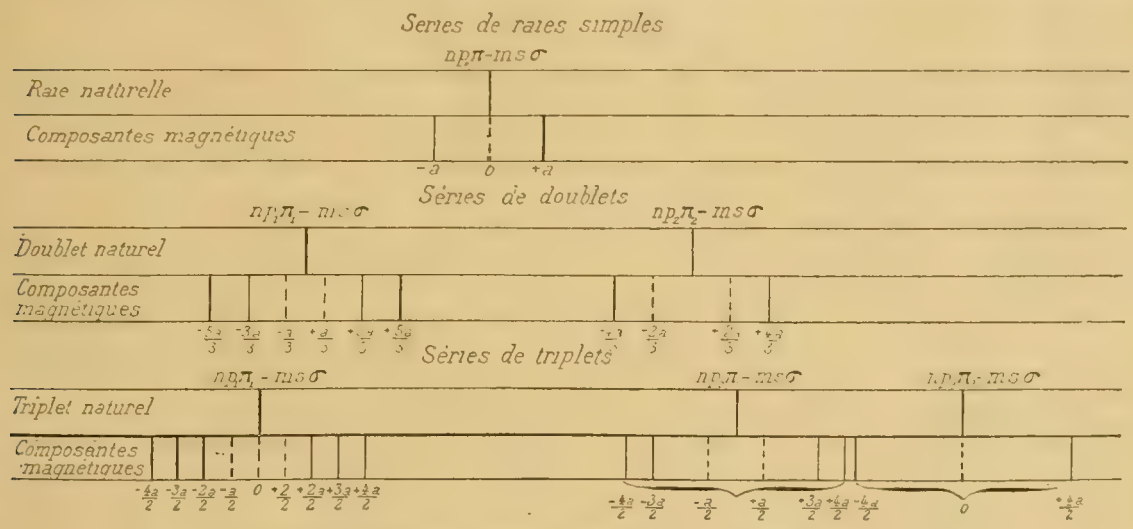


Fig. 5. — *Types de décompositions magnétiques des séries principales et des séries fines.*

Lorsque le champ devient assez intense pour que les composantes magnétiques des raies d'un doublet ou d'un triplet naturel viennent à s'enchevêtrer, la règle de Preston ne s'applique plus. On obtient alors pour l'ensemble de ces raies un seul système de composantes magnétiques, dont la structure se modifie en se simplifiant à mesure que le champ augmente. Ce phénomène a d'abord été trouvé dans le cas des séries diffuses, doubles ou triples, dans lesquelles les composantes principales sont accompagnées de satellites. L'écartement, toujours assez faible, de ces satellites varie d'un spectre à un autre, et, à l'intérieur d'une même série, il diminue à mesure qu'on avance vers sa limite. On aura donc souvent des décompositions magnétiques différentes pour les termes successifs d'une même série diffuse et pour les termes de même rang des séries diffuses correspondantes des divers éléments.

Si le champ devient assez intense ou si le

doublet ou triplet naturel devient assez étroit pour que l'enchevêtrement se produise non seulement entre les composantes magnétiques de ses raies principales et de leurs satellites, mais encore entre celles de ses raies principales elles-mêmes, l'évolution du phénomène de Zeeman se poursuit. A partir d'une certaine valeur critique du champ, d'autant plus faible que le doublet ou triplet naturel est plus serré, on n'a plus pour l'ensemble de ces raies qu'un seul triplet magnétique, qui est un *triplet normal de Lorentz*. Cette évolution est particulièrement facile à suivre dans les séries principales, où les doublets ou triplets deviennent de plus en plus serrés à mesure que l'on avance vers la limite de la série; on y observe toute une série de types compris entre ceux de la figure 5 et le triplet normal. Elle est déjà achevée, pour les valeurs usuelles du champ, dans certaines séries à composantes très serrées. C'est ainsi que les raies de la série de Balmer de l'hydrogène, qui sont en réalité des doublets très étroits ($\Delta\nu = 0{,}32$), très sensibles d'ailleurs à l'action du champ électrique, donnent déjà des triplets magnétiques normaux pour des champs de 15.000 gauss, pourvu toutefois qu'on évite, ainsi que nous l'avons montré, toute action perturbatrice de la pureté du phénomène magnétique de Zeeman. Cette liaison entre les décompositions des raies voisines n'existe plus en dehors des séries; ces résultats, qui ont renouvelé la question du phénomène de Zeeman, ont mis en pleine lumière la signification physique de la systématique des séries au point de vue de la structure intime des spectres de lignes.

V. — Les théories de l'origine des spectres

Nos connaissances sur la structure des spectres présentent encore de trop nombreuses lacunes pour qu'il ait été possible d'édifier une théorie synthétique de leur origine. Nous avons cependant des renseignements sur les conditions auxquelles doit satisfaire toute théorie de cette nature.

Le fait que les divers éléments peuvent être caractérisés par leurs spectres nous amène d'abord à penser que le siège de l'émission lumineuse doit se trouver dans les atomes. L'étude du phénomène de Zeeman nous apprend ensuite quelles sont, dans les édifices complexes que sont les atomes, les particules vibrantes qui sont les vrais facteurs de l'émission ou de l'absorption. Si, en effet, on observe la lumière émise par la source lumineuse parallèlement aux lignes de force magnétiques, on n'observe plus pour chaque raie que les composantes qui, dans l'observation transversale, étaient polarisées parallèlement aux lignes de force.

Ces composantes apparaissent maintenant polarisées circulairement. Dans tous les spectres de lignes, celles qui correspondent à un déplacement vers les courtes longueurs d'onde sont formées par des vibrations ayant le sens du courant circulant dans les bobines de l'électro-aimant qui produit le champ magnétique. On en déduit que les facteurs de l'émission sont des particules chargées d'électricité *négative*; et la grandeur de l'écart que l'on observe entre les composantes dans le cas des séries de raies simples permet d'affirmer que ces particules sont des *électrons négatifs*. Ceux-ci suffisent d'ailleurs, moyennant l'introduction de certaines liaisons, pour expliquer les décompositions plus complexes des séries doubles ou triples.

Cela posé, il reste à imaginer une structure de l'atome qui permette aux électrons d'exécuter les vibrations représentées par les formules des séries. Il est très remarquable, à ce point de vue, que ces formules se rapportent aux fréquences elles-mêmes et non à leurs carrés, comme cela devrait être, suivant les lois ordinaires de la Mécanique, si l'on avait affaire à des forces dépendant des positions de points mobiles. On a cherché de différentes façons à rendre compte de ce fait. Les tentatives d'explication les plus intéressantes sont celles de Ritz et de Bohr.

La théorie de Ritz reste entièrement conforme aux principes de la Mécanique classique et les forces qu'elle fait intervenir sont des forces électromagnétiques qui dépendent seulement des vitesses. Chaque atome serait le siège d'un champ magnétique dont l'image peut être fournie par un système d'aimants élémentaires disposés en opposition bout à bout. Dans ces conditions, un électron placé dans le prolongement de l'axe de l'aimant ainsi constitué et assujetti à rester dans le plan normal à cet axe exécutera des vibrations circulaires dont la fréquence sera donnée par la formule

$$\pm\nu = \frac{\mu}{s^2}\frac{e}{m}\cdot\frac{1}{c}\left[\frac{1}{a^2} - \frac{1}{(a+n)^2}\right]$$

où μ désigne la masse magnétique de chaque pôle, s la longueur d'un aimant élémentaire, n leur nombre, $\frac{e}{m}$ le rapport de la charge à la masse de l'électron, a le quotient de sa distance au pôle le plus voisin par la longueur d'un aimant élémentaire, c la vitesse de la lumière. On voit que cette fréquence, qui augmente avec le nombre des aimants élémentaires contenus dans l'atome,

tend vers une limite finie quand ce nombre devient infini.

D'après cette manière de voir, les différentes raies d'une série seraient émises par des atomes contenant des nombres entiers différents d'aimants élémentaires; et si l'on admet que la stabilité de cet édifice magnétique est d'autant moindre que le nombre des éléments qui le constituent est plus grand, on devra s'attendre à ce que les raies deviennent de plus en plus faibles et de plus en plus diffuses à mesure que leur rang dans la série est plus élevé.

On obtient tout de suite d'après cela la série de Balmer, en admettant que, dans chaque atome d'hydrogène, les aimants élémentaires sont tous égaux entre eux, la valeur du champ atomique $\frac{\mu}{s^2}$ étant 1,168. 10^9 gauss, et que la distance de l'électron vibrant au pôle le plus voisin est deux fois plus grande que la longueur d'un aimant élémentaire. Quant aux séries des autres éléments qui sont représentées par la formule générale de Ritz :

$$\nu = A - \frac{N}{[n+\mu+\mu'(A-\nu)]^2},$$

il faudra pour les interpréter faire les hypothèses suivantes. D'abord, dans tous les atomes de tous les corps, les aimants élémentaires doivent être les mêmes pour conserver le caractère universel de la constante N de Rydberg. De plus, pour un même élément, on devra admettre d'une série à une autre des variations de longueur de l'aimant élémentaire le plus éloigné de l'électron, et à l'intérieur d'une même série des variations analogues proportionnelles à $A-\nu$. Ces séries auront d'ailleurs des limites différentes ou une limite commune suivant que la distance de l'électron au pôle le plus voisin sera différente ou égale pour les séries considérées.

L'idée de champ intra-atomique, multiple d'un champ élémentaire universel, qui est à la base de la théorie de Ritz, a été confirmée par les travaux de P. Weiss sur l'aimantation. Ritz a d'ailleurs montré que sa théorie permettait d'expliquer les décompositions magnétiques complexes des raies appartenant aux séries; il est très regrettable que la mort prématurée de ce physicien l'ait empêché d'en poursuivre le développement.

La voie suivie par Bohr est toute différente. Son point de départ est le modèle d'atome imaginé par Rutherford pour expliquer la diffusion par la matière des rayons α et β des corps radioactifs. On a été conduit à admettre que le champ électrique intérieur à l'atome dévie les corpuscules électrisés qui constituent ces rayons, comme le Soleil dévie de sa route une comète qui passe près de lui. Pour rendre compte de la grandeur des déviations observées, Rutherford a admis que l'atome est constitué d'une part par un noyau chargé d'électricité positive condensée dans un volume extrêmement petit et dont la masse représente à peu près la masse de l'atome, d'autre part par des électrons négatifs, circulant autour du noyau dans des orbites à peu près circulaires et de rayons différents. Le nombre de ces électrons, dont la charge totale négative égale la charge positive du noyau, est caractéristique de l'atome de chaque élément; il est égal à un pour l'hydrogène, à deux pour l'hélium, à trois pour le lithium, et pour les atomes plus lourds à un nombre voisin de leur numéro d'ordre dans la classification périodique des éléments.

Or, si l'on s'en tient aux lois ordinaires de l'Electro-dynamique, on voit que l'atome de Rutherford ne constitue pas un système stable. En effet, chacun des électrons qui tournent autour du noyau, du fait qu'il possède une accélération, doit rayonner et, par suite de la dépense d'énergie qui en résulte, décrire des orbites de plus en plus petites jusqu'à ce qu'il tombe sur le noyau; le calcul montre que cette évolution doit être extrêmement rapide. D'ailleurs ces orbites seraient décrites avec une fréquence de plus en plus grande, de sorte qu'un gaz, contenant un grand nombre d'atomes aux différents stades de leur courte existence, donnerait un spectre continu, ce qui est contraire aux observations.

Pour éliminer ces difficultés, Bohr introduit l'hypothèse qui a permis à Planck d'expliquer à partir des théories électromagnétiques les lois expérimentales du rayonnement des corps solides. Cette hypothèse consiste à affirmer que l'énergie ne peut être rayonnée en quantité quelconque, mais seulement, ainsi que l'exprime M. Ch. Fabry, par petits morceaux indivisibles, ayant une valeur finie et telle que le produit de la quantité d'énergie rayonnée en une fois par la période correspondante est une constante universelle, le *quantum d'action* de Planck.

D'après cela, Bohr admet qu'un électron capturé par un noyau ne pourra se rapprocher de lui que par sauts, en rayonnant chaque fois un nombre entier de quanta. Chaque radiation émise de cette façon sera homogène et sa fréquence multipliée par la constante de Planck sera égale à la différence des valeurs de l'énergie du système avant et après le saut considéré. Le rayonnement s'arrêtera et l'atome aura retrouvé son

état normal quand le produit de la force vive de l'électron par sa période sera exactement égal à un quantum.

On trouve alors que si, dans chaque atome, par suite d'une perturbation quelconque, un électron a été momentanément éloigné de son noyau, il reviendra à sa position habituelle en effectuant un ou plusieurs sauts, et l'ensemble des radiations émises par ses atomes sera donné par les lois des séries spectrales. Si un seul des électrons qui gravitent autour du noyau a été affecté par la perturbation, les séries émises seront des séries de raies d'arc ; si, au contraire, deux électrons ont été perdus par le noyau, la capture d'un de ces électrons donnera lieu à l'émission d'une série de raies d'étincelle.

Les phénomènes se présentent d'une façon particulièrement simple dans le cas de l'hydrogène et de l'hélium, dont les atomes contiennent respectivement un et deux électrons. Avec l'hydrogène on obtient la série de Balmer et des séries parallèles infra-rouges et ultraviolettes, qui sont les types des séries de raies d'arc. Le spectre que donnerait l'hélium capturant un de ses deux électrons se composera de la série de Fowler et de séries parallèles, qui seront les types des séries de raies d'étincelle. Dans les autres éléments, la présence des autres électrons entraînera des perturbations dans le mouvement de l'électron capturé et chacune des séries, telles que la série de Balmer ou celle de Fowler, sera remplacée par le système des quatre séries et des combinaisons que les observations ont mises en évidence.

Quelque étranges que puissent paraître les hypothèses qui sont à la base de la théorie de Bohr, elles ont conduit à des conséquences qui se sont trouvées justifiées par l'expérience. D'une part, en effet, les formules théoriques de Bohr représentent exactement et numériquement la série de Balmer et les séries parallèles de l'hydrogène et donnent la première interprétation simple de la constante de Rydberg, qui se trouve exprimée complètement au moyen du quantum de Planck, de la charge électrique et de la masse du noyau et de l'électron. C'est elle qui, d'autre part, en attribuant à l'hélium la série de Pickering et les raies de la série principale supposée de l'hydrogène, avant que les observations n'aient imposé cette attribution, a conduit Fowler à la découverte des séries de raies d'étincelle. Elle a ainsi provoqué un des progrès les plus considérables qui aient été faits dans la question de la structure des spectres, ce qui nous fournit un nouvel exemple de la fécondité et de la nécessité de l'alliance entre la théorie et l'expérience.

F. Croze,
Docteur ès sciences.

LES NÉCESSITÉS DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE SUPÉRIEUR[1]

Evidemment nous étions nombreux avant la guerre à nous préoccuper de l'enseignement technique supérieur ; mais on ne saurait nier que cette question a pris, sous l'influence des événements actuels, une ampleur singulière ; elle occupe tout d'un coup une des premières places au point de vue de l'urgence, parmi les innombrables questions de l'après-guerre qui méritent de retenir l'attention. C'est le projet de loi du sénateur Goy qui a fait de la question une question de grande actualité. Les journaux quotidiens s'en sont emparés avec plus ou moins de bonheur[2]. Nos grandes revues d'enseignement ou de sciences ont ouvert des enquêtes, publié déjà de nombreux articles, en ont sollicité d'autres. Les Facultés, consultées sur le projet Goy, ont longuement discuté, en prenant le projet pour base, les conditions dans lesquelles, à leur sens, on devait organiser l'enseignement technique supérieur. L'accord n'est pas fait sur tous les détails. Mais il l'est à coup sûr dans les grandes lignes, et le Parlement, aidé de toutes ces consultations autorisées, n'aura sans doute pas de peine, guidé surtout par un ministre aux idées larges en qui tout le monde a confiance, à mettre sur pied un projet qui, respectant suffisamment l'autonomie des Universités, mette cependant un peu d'ordre dans l'état de choses actuel et permette une organisation véritable et solide.

Et cependant, à notre humble avis, tout cela est inutile, tous ces efforts sont perdus d'avance ou du moins les résultats seront hors de proportion avec la peine et l'argent dépensés, si on ne se préoccupe pas avant tout de résoudre certaines questions préalables essentielles. Il y a des causes profondes qui paralysent l'enseignement

1. Voir également sur ce sujet, en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?*, les articles de MM. Paul Rivals (n° du 30 mars 1916) et Paul Janet (n° du 30 juin 1916). (N. DE LA RÉD.)

2. Voir par exemple une note de Louis Forest dans le *Matin*, fin avril 1916, où il est dit que les professeurs de mathématiques sont rarement des mathématiciens...

supérieur des Sciences en France. Celui-ci, depuis qu'il existe vraiment, n'a pu encore sortir d'une période de crise aiguë; on masque la chose sous l'optimisme des communications officielles; on constate par les documents de statistique *en France* que les choses vont mieux qu'autrefois, ce qui est exact, et on se frotte les mains avec satisfaction, ce qui est vraiment se déclarer satisfait à bon compte. Cette situation qu'on trouve superbe, nous la trouvons insuffisante, pour ne pas dire plus. Je crois devoir le dire, convaincu que c'est rendre service à la cause de l'enseignement et au pays que de montrer les lacunes et le manque de résultats, assuré également que beaucoup de mes collègues pensent comme moi, convaincu surtout que notre pays a besoin de vérité, qu'il y a droit si notre démocratie n'est pas un vain mot, qu'il doit la regarder en face pour chercher les causes du mal et y remédier.

La vérité, c'est que nous avons un corps de professeurs où figurent bon nombre de savants les plus distingués et les plus désintéressés, et aussi d'hommes d'audace et d'initiatives fécondes, adonnés au travail avec l'unique préoccupation de la grandeur et de la richesse de leur contrée et de leur pays, que ces hommes se dépensent sans compter, sans jamais se laisser décourager; il me sera bien permis de dire cela d'hommes que j'ai vus à l'œuvre : les noms sont sous ma plume. Et pour quels résultats tout cet effort? Dans la plupart des Facultés des Sciences, les amphithéâtres, les laboratoires sont déserts, les professeurs parlent devant des banquettes; des laboratoires mesquins, mal éclairés, mal aérés, mal pourvus en matériel, un personnel auxiliaire bénévole ou rétribué misérablement assurent ce qu'on appelle pompeusement l'enseignement technique régional. Quant aux établissements qui ne semblent pas justifier complètement ces critiques, comme les Instituts de Nancy ou de Grenoble, où les élèves se comptent par centaines comme la force motrice par centaines de chevaux, pour apprécier leurs effectifs, leurs installations, ce n'est pas à un passé encore proche qu'il faut les comparer non plus qu'aux autres établissements français, c'est aux établissements des pays voisins, je précise, aux établissements allemands; la comparaison n'est pas à notre avantage : ce n'est pas par centaines, c'est par milliers d'élèves qu'on compte là-bas, et non pas dans une, mais dans une douzaine d'écoles techniques. Et quelle merveilleuse organisation du travail de recherche, division du travail, laboratoires spécialisés pourvus de tout, richement dotés, permettant l'étude méthodique des questions. Ne craignons pas d'admirer, ne sous-estimons pas nos ennemis. Ils ont pu réaliser tout cela, bien qu'ils n'aient pas à leur disposition des hommes comme ceux qui ont pu édifier en France nos admirables, mais pourtant chétifs instituts. Ceux-ci ne pouvaient faire mieux; il est même remarquable qu'ils aient pu faire tant. Quand les obstacles seront abattus, ils feront merveille.

Ces obstacles sont de deux sortes : difficultés du recrutement — difficultés financières.

I

Nos facultés n'ont pas d'élèves; elles n'ont surtout pas les élèves qu'elles devraient avoir. La cause en est principalement l'existence, l'organisation plutôt de l'École Polytechnique. Je ne dis pas : des grandes écoles, je dis simplement : de l'École Polytechnique. Les autres écoles, spécialisées dans un but déterminé, font aux facultés une concurrence louable. Quand un jeune homme se destine à l'École Centrale, à l'École des Ponts, à une école de Mines, c'est qu'il a l'intention d'entrer dans l'industrie, qu'il a même peut-être choisi sa branche, et qu'il désire acquérir les connaissances indispensables; qu'il se laisse attirer par les écoles spéciales qui préparent à la profession qu'il a choisie, pour ajouter à de solides études le titre d'ancien élève qui le fait profiter de la renommée acquise depuis longtemps par telle ou telle école, rien de plus légitime.

Mais je dis bien « quand un jeune homme se destine à une de ces écoles » ; car il faut reconnaître que bien des jeunes gens sont entrés aux Écoles des Mines ou à l'École Centrale qui ne s'y étaient jamais destinés. Ceux-là sont des candidats à l'École Polytechnique second choix. A ceux-là s'appliquent les critiques que nous allons faire au sujet de cette école. Cette catégorie disparaîtrait si ces critiques devenaient un jour imméritées.

Il est facile de comprendre que l'École Polytechnique prive les Facultés et l'enseignement technique des élèves qui devraient le plus naturellement leur revenir, c'est-à-dire les bons élèves de sciences des lycées. C'est un fait bien connu que, dès qu'un jeune homme manifeste vers 14 ou 15 ans quelque goût ou même quelque facilité pour l'Algèbre élémentaire et la Géométrie, ses parents, ses professeurs, son proviseur, quelquefois même le recteur et les inspecteurs généraux le destinent à l'École Polytechnique. Le voilà donc désormais pressé par le temps, mettant les années doubles pour arriver au baccalauréat le plus tôt possible et franchir vers

17 ou 18 ans le seuil de la classe de Mathématiques spéciales ; là, que fera-t-il — prenons le cas de l'honorable moyenne ? — Il passera la première année à prendre des notes « sans les comprendre » ; la deuxième année et souvent les suivantes à « apprendre son cours », c'est-à-dire à s'assimiler non seulement les quelques méthodes générales et les résultats fondamentaux dont la réunion constitue les éléments de l'Algèbre supérieure, l'Analyse élémentaire, et la Géométrie analytique, mais toutes les questions de détail soulevées par l'étude minutieuse de ces théories. Tout sera pour lui sur le même plan, même si le professeur, ce qui est le cas général, essaie de donner à chaque chose sa valeur ; il est tout naturel qu'il en soit ainsi, puisque tout est matière à examen et qu'on peut se faire « coller » aussi bien sur les chinoiseries que sur les choses essentielles.

Quant à sa vocation, c'est d'être reçu ; son désir, c'est d'être « bottier ». Quant à l'Artillerie, au Génie, aux Tabacs ou à la Marine, qui sont, ce me semble, les carrières qu'ouvre l'École Polytechnique, n'essayez pas de lui demander ses préférences entre les aliments proposés ainsi d'avance à son activité d'homme fait. Ce n'est pas pour cela qu'il va à l'X, c'est pour être « ancien X ». Pas un même qui songe à l'enseignement éminent qu'il recevra à l'école.

Alors deux cas se présentent : il y va en effet ou il n'y va pas. Acceptons comme un axiome que ce sont les meilleurs qui y vont. Je demande alors si vraiment la France a besoin de sélectionner avec tant de soin l'élite de sa jeunesse pour recruter ses officiers *actifs* d'artillerie et de génie parmi, d'ailleurs, des jeunes gens qui n'ont pas la vocation militaire et n'acceptent cette carrière que comme un pis aller, — ou démissionnent. Mais j'abandonne ceux qui sont reçus. Je ne retiens que ceci, que, déjà, l'attrait de l'École Polytechnique a écarté des Facultés une portion sérieuse et choisie des étudiants qui pouvaient leur venir. Ceci est incontestable et a été souvent dit. On pourra lire par exemple ce qu'en dit M. Liard dans son ouvrage : *Universités et Facultés*. Mais ce n'est pas tout. Allons-nous avoir les autres? Pas le moins du monde. Les refusés ou bien se dirigent vers les autres écoles, formant la catégorie de techniciens malgré eux dont il était question plus haut, ou bien ils renoncent aux études ; ils en sont dégoutés, saturés, et il y a de quoi. La science, pour eux, se réduit à ce qu'on leur en a montré, c'est-à-dire à un fatras indigeste de connaissances dont la portée pratique leur échappe. Ne leur parlez plus d'étudier des Mathématiques. Ils se dirigent dans la vie au hasard, vers de vagues administrations, porteurs d'un bagage bien mince, qui se réduit comme connaissances utilisables à celles du baccalauréat. Tant mieux pour eux s'ils ont quelque connaissance des langues et s'ils savent écrire en français et faire correctement les additions. Quant au profit qu'ils retirent au point de vue de leur culture du temps passé en Spéciales, il vaut mieux ne pas en parler. Quelques-uns cependant viennent à nous ; la plupart se destinent à l'enseignement. Les autres viennent pour le grade de licencié ; mais ils sont pressés. Eux qui ont mis 3 et 4 ans à répéter les mêmes mathématiques dont l'essentiel pouvait leur être donné en un an, exigent qu'on leur fasse faire au pas de course la Mécanique et la Physique générale, quelquefois davantage. Ils étudient fort posément ce dont ils n'ont que faire...

D'ailleurs ils ont 20 ans ou 23 au plus ; leur hâte se comprend.

Eh bien, je le demande, tout cela est-il normal ? Ou bien l'École Polytechnique et les écoles satellites suffisent à recruter, comme elles l'ont fait jusqu'ici, les carrières industrielles. Alors tout est bien ; le projet Goy est inutile et toutes les tentatives pour organiser quelque chose dans les Facultés. Ou bien, et il serait facile de montrer que c'est là la vérité, d'une part l'École Polytechnique ne suffit pas et d'autre part ce n'est pas là sa vraie fonction ; alors des mesures doivent être prises pour rendre aux Facultés une partie de leur clientèle naturelle et leur en attirer une nouvelle.

Quelles mesures ? Nous en aurons d'abord une idée en cherchant les causes de cet engouement qui pèse d'un poids si lourd à la fois sur les enseignements secondaire et supérieur. Il ne faut trouver cette cause, nous l'avons vu, ni dans le passé glorieux de l'admirable école, ni dans l'enseignement qu'on y reçoit, ni dans une vocation des élèves. La cause, c'est simplement l'attrait des carrières civiles, soit administratives, soit privées. Le taupin, qui ne sait pas au juste quelles sont les occupations d'un ingénieur des Mines ou des Ponts, sait bien en tous cas que d'une part il y a des carrières réservées ou à peu près aux anciens élèves de l'X, dans lesquelles il serait chimérique d'espérer entrer sans passer d'abord par l'école ; qu'à défaut de ces carrières son titre d'ancien X lui permettra d'entrer facilement, presque *sans études techniques préalables*, dans une industrie privée où des camarades lui tendront les bras. Il sait aussi que, même s'il cesse complètement de travailler soit dès son entrée à l'X, soit à son entrée à l'école d'application, soit un peu plus tard, *quand il voudra*, son

avenir est assuré[1]. La tentation est forte... Le remède, par conséquent, c'est, à défaut de l'esprit de corps contre lequel on ne peut rien, d'assurer aux anciens élèves des Facultés et même à n'importe qui, pourvu qu'il soit apte, la possibilité d'accéder au même titre que les polytechniciens aux carrières réservées. Comment recruter celles-ci ? Au concours, évidemment, mais pas un concours comme celui dont j'ai dit un mot plus haut, qui n'aboutirait qu'à prolonger encore le bachotage et le ferait pénétrer dans les Facultés, ce qu'à Dieu ne plaise. Un concours d'une forme large, inspiré par exemple des suggestions de M. Waxweiler dans sa conférence de Bruxelles en 1910, un concours qui ne laisse les candidats ni fourbus, ni dépourvus de moyens d'existence en cas d'échec, précédé par conséquent d'une période de travail sérieux et personnel à la Faculté ou ailleurs, dans les écoles, car nous ne voulons pas la mort des écoles. Leur concurrence sera pour nous un stimulant précieux. Mais, plus de privilège, plus de castes.

Et voici encore un autre remède : les lycées ne sont pas la seule source où peuvent se recruter les élèves que la Faculté a pour mission de transformer dans les hommes qui demain enrichiront économiquement et scientifiquement la France. Il y a aussi ceux qu'on appelle quelquefois avec mépris « les primaires. » Mais il faut pour cela bien des conditions. Il faut d'abord ou bien que ces primaires puissent largement acquérir les grades universitaires après le baccalauréat, ou bien qu'ils aient le droit de s'en passer. Il faut qu'on trouve aussi le moyen de combler pour l'élite la lacune qui sépare, au moins au point de vue de la préparation mathématique, l'élève de 3e année d'école supérieure ou d'école pratique de l'étudiant de faculté. Oh, certes, quiconque a quelque peu pratiqué les examens du baccalauréat sait combien relative est la soi-disant supériorité des secondaires. J'invoquerai par exemple le témoignage de mon collègue Prentout pour l'histoire[2]. Mais il n'en est pas moins vrai que le bon élève sortant de l'école primaire supérieure ne peut suivre immédiatement un cours de Mathématiques générales. Le remède : généralisation et adaptation des 4e années d'école supérieure, accès de ces élèves aux classes de 1re ou de Mathématiques, gratuit bien entendu, car par définition ces élèves ne peuvent ni ne doivent payer[1]. D'autres solutions peuvent être proposées et mises *immédiatement* en pratique. La question n'est certes pas insoluble. Déjà en tous cas les écoles d'Arts et Métiers, l'école de Saint-Cloud nous envoient des élèves extrêmement intéressants; mais il faut rendre régulier ce recrutement jusqu'ici exceptionnel, aplanir les voies d'accès tout en conservant, en instituant plutôt des garanties d'aptitude à l'entrée des Facultés. En tout cas la preuve est faite qu'on peut suivre avec fruit l'enseignement supérieur, sans être passé par un lycée.

Nous verrons alors disparaître tout naturellement cette mentalité si déplorable de nos étudiants qui veulent à la Faculté les études courtes. Nous arrivant vers 17 ans, ils pourraient nous consacrer le temps nécessaire. Alors la solution si raisonnable proposée par la Faculté de Paris[2] au problème posé par M. Goy, impossible à faire admettre aujourd'hui, deviendra possible et sera la meilleure des solutions.

II

La seconde cause de la faiblesse de notre enseignement technique supérieur, c'est le manque de ressources pécuniaires. L'Etat a interprété d'une façon très habile pour les finances publiques l'autonomie des Universités : quand les Universités veulent modifier, créer, innover, on leur rappelle qu'elles sont en tutelle, on épluche leurs projets, on leur crée des difficultés administratives, d'où des découragements, des pertes de temps. Mais quand elles demandent une aide financière pour mettre en marche des créations d'utilité reconnue, on leur dit : vous êtes autonome, créez-vous des ressources locales. C'est justement la chance qu'ont eue les Instituts de Nancy et de Grenoble de trouver des Mécènes qui leur ont permis d'acquérir leurs installations et de rétribuer tant bien que mal leur personnel. Sans cela, malgré les qualités exceptionnelles des fondateurs, le concours de l'Etat étant refusé, rien n'eut été possible. Qui oserait nier que le pays tout entier y eut perdu ? Et dès lors n'est-ce pas reconnaître qu'il s'agit là d'œuvres d'intérêt hautement national et que c'est un devoir de l'Etat d'y consacrer des ressources suffisantes, sans marchander. C'est de l'argent bien placé. Si on ne doit accompagner le vote d'un projet d'organisation de l'enseignement technique de l'attribution des crédits nécessaires, si on compte toujours et uniquement sur les ressources locales, l'organisation rêvée restera ici à l'état de

1. Ce danger avait déjà été pressenti par Fourcroy, qui, parlant à la Convention le 19 frimaire an II, disait : Il se formerait une foule d'hommes médiocres lorsque des jeunes gens n'auraient en vue, en se livrant à l'étude des sciences et des arts, que d'obtenir une place qu'ils regarderaient comme le terme de leurs travaux.

2. *Revue internationale de l'Enseignement*, 1916, p. 49.

1. Ce que nous demandons là existe en Autriche où le passage des Bürgersschulen au lycée est facilité.

2. *Revue Internationale de l'Enseignement*, 1916, p. 131.

projet, là à l'état embryonnaire. Dans quelques centres seulement, où d'ailleurs elle existe déjà, l'organisation continuera, sans plus, à subsister. Donc, on n'aura en somme rien créé. Rappelons seulement que l'Allemagne a des Universités ou des Ecoles techniques dotées de ressources de plusieurs millions, qu'elle n'a jamais lésiné en matière de créations universitaires. A ce point de vue, le modèle est à imiter. J'ajoute que, avec un budget plus élastique, des ressources plus assurées, nos écoles techniques pourraient largement distribuer aux étudiants peu fortunés l'enseignement gratuit, alors qu'aujourd'hui on n'admet guère que des étudiants payants et les droits de laboratoire sont forcément très élevés, car ils constituent le plus clair des ressources. Rappelons encore que la démocratie américaine est entrée depuis longtemps dans cette voie : la moitié des Ecoles techniques supérieures américaines sont gratuites (Omer Buyse).

Je m'excuse d'avoir été si long. Je me résume; des élèves et de l'argent, c'est tout ce qu'il faut assurer à l'enseignement supérieur. Avec cela il ne faillira pas à sa mission et rendra au pays les services que celui-ci a le droit d'en attendre. Des mesures énergiques sont nécessaires pour cela. Mais nous sommes à l'époque des mesures énergiques. Et si on trouvait ces mesures révolutionnaires, je me bornerais à invoquer encore soit M. Liard, soit Cournot[1], soit M. Lavisse[2], qui ne sont pas des révolutionnaires, soit encore les dépositions Joseph Bertrand, Berthelot, Maneuvrier, Buquet (enquête Ribot.)

Quand on a signalé le mal, on ne peut se refuser à administrer le remède.

L. Zoretti,
Professeur à l'Université de Caen,
Directeur de l'Institut technique de Normandie.

1. *Des Institutions d'Instruction publique en France*, 1864, p. 185.
2. *Questions d'enseignement national*, 1885, p. 240.

LES IDÉES DU PROFESSEUR FLEMING

SUR L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

A la séance du 9 février de la *Royal Society of Arts*, à Londres, l'éminent professeur Fleming a lu une étude du plus haut intérêt sur l'organisation de la Recherche scientifique en Angleterre.

Ce sujet, toujours palpitant, est devenu de la plus brûlante actualité depuis que la guerre a démontré jusqu'à quel point nos ennemis avaient su mettre la science en coupe réglée à leur profit.

Hanté sans doute par le souvenir des beaux résultats obtenus en Allemagne par le système du *Massenarbeit*, le professeur Fleming propose l'institution d'un système du même genre en Angleterre, mais avec des modifications destinées à l'améliorer.

Ce *Massenarbeit* d'outre-Rhin ressemble un peu à l'exploitation des terrains aurifères du Klondyke ou du Transvaal. Un propriétaire achète un champ, puis il le divise en parcelles qu'il distribue à ses ouvriers ; chaque ouvrier fouille en tout sens son *claim* de façon à en sortir le plus possible. L'ensemble du rendement appartient au propriétaire; heureux celui qui récolte la pépite convoitée !

Or aujourd'hui nombreux sont les chercheurs infatigables, mais la plupart des recherches sont vaines, faute d'avoir été guidées, coordonnées. C'est vers ce but que tend l'organisation préconisée par M. Fleming.

I

L'auteur, après avoir rappelé l'importance de la science et son peu de place en Angleterre, montre la nécessité urgente, tant au point de vue de l'œuvre actuelle de la défense nationale que de l'avenir du pays, d'augmenter le bagage scientifique de l'Angleterre, et de le mettre sous la forme où les applications surgiront le plus facilement.

Il observe que la plupart du temps les découvertes du passé sont dues au travail et à l'initiative personnels ; elles ont été faites par des amateurs, dans le bon sens du mot, c'est-à-dire par des hommes travaillant seuls et selon leurs idées, et souvent sans rapports les uns avec les autres. Ce travail individuel est bien dans le caractère anglais; il a ses avantages, mais aussi ses inconvénients : il permet à des pionniers d'ouvrir de nouveaux champs de travail, mais il n'est pas favorable à leur exploitation complète et systématique.

Le progrès à réaliser doit consister dans l'organisation de la recherche, en faisant de la multitude des travailleurs scientifiques indépendants

une armée où chacun aura sa place et son rôle déterminé. Il faut une coopération ordonnée et disciplinée. On évitera ainsi les travaux en double, les pertes de temps ; on utilisera complètement tous les génies, même ceux d'une valeur secondaire, qui sont précieux par leur persévérance au travail.

Pour décider les grandes lignes des recherches à entreprendre, des études préliminaires sont nécessaires; la *Royal Society*, de par sa situation et la largeur bien connue de ses vues, est toute indiquée pour prendre la tête de ce mouvement.

La plupart des Sociétés scientifiques ne sont plus guère, hélas, que les éditeurs de volumes composés de comptes rendus hétéroclites de travaux divers, dont certains sont déjà des lieux-communs et ne peuvent donner lieu qu'à des discussions oiseuses. Il y a toutefois d'heureuses exceptions, et la *British Association* a déjà souvent organisé des discussions sur des sujets préparés d'avance et du plus haut intérêt.

La *Société Faraday* a adopté depuis peu le même plan, en provoquant l'envoi des opinions d'un certain nombre de personnalités compétentes sur un sujet donné, pour servir de bases à la discussion de ce sujet en séance, discussion qui, préparée ainsi, ne peut manquer d'être féconde.

La fonction principale de ces différentes sociétés devrait être l'excitation à la recherche nouvelle, et l'étude des moyens les meilleurs pour y parvenir.

Au début de chaque session, le bureau devrait tracer un plan de travail et diviser les sujets d'étude selon le nombre de séances, demander à des chercheurs qualifiés des communications introductives, en distribuer largement des extraits, les faire suivre de courtes contributions dues à des spécialistes autorisés, de façon à concentrer l'attention et la discussion sur les points essentiels.

Mais il faut faire davantage : formuler jusque dans le détail des suggestions précises sur les travaux futurs à entreprendre, et les porter à la connaissance de tous ceux qui sont capables et désireux de s'y atteler.

Ce sujet est traité dans un *Livre Blanc*, publié en juillet dernier par le Ministère de l'Instruction publique anglais, et intitulé : « *Vues générales pour l'organisation et le développement des Recherches scientifiques et industrielles* ». Il semble préconiser l'établissement de deux comités : une Commission du *Conseil Privé*, qui assumerait le contrôle des dépenses votées par le Parlement pour la recherche scientifique et industrielle, et un *Conseil consultatif*, composé de savants et d'industriels compétents. Celui-ci s'occuperait : 1° de proposer l'institution de recherches spécifiques, 2° de l'établissement d'institutions spéciales, pour l'étude des problèmes concernant des industries particulières; 3° de l'établissement et de l'attribution de bourses d'études à des étudiants ou à des chercheurs en vue de ces recherches particulières.

Il est évident que ces *Conseils consultatifs* devront comprendre des hommes d'expérience au point de vue de la technique et des applications scientifiques, à côté des savants théoriciens.

Pour pouvoir traiter de toutes les questions, actuellement où chacun se spécialise, le *Livre Blanc* prévoit l'organisation d'un grand nombre de sous-commissions spéciales, renforcées d'experts dans la branche particulière de la science ou de l'industrie qui est visée.

Pour éviter de tomber dans la bureaucratie, et pour que la nouvelle organisation ne devienne pas un simple Département d'Etat, il serait bon que les *Bureaux consultatifs* soient élus par les Sociétés savantes et industrielles elles-mêmes, car parmi les membres de ces diverses associations, on trouvera les compétences diverses qui sont indispensables.

Dans chaque *Bureau*, on placerait un fonctionnaire du Ministère de l'Instruction Publique pour administrer les fonds publics provenant de subventions ou de dons divers, mais qui s'occuperait de cela seulement, ne s'immisçant en aucune façon dans les délibérations qui resteraient réservées aux savants.

Au reste, chacune des grandes Sociétés scientifiques de Grande Bretagne devrait déjà — si ce n'est pas fait — nommer un comité de recherches recruté parmi ses membres les plus connus ou les mieux doués. Il faudrait faire voter tous les membres, et rendre ce bureau renouvenable par fractions au bout d'un certain temps pour en rafraichir l'esprit. La Royal Society pourrait prendre la direction suprême de l'ensemble de ces bureaux destinés à l'organisation de la recherche scientifique, désignant les besoins généraux dans chaque domaine et les directions des recherches les plus nécessaire dans des comptes rendus succints. Le premier compte rendu ne contiendrait sans doute que des indications de lacunes, en laboratoires, appareils, chercheurs ; mais les suivants entreraient dans une discussion plus détaillée des problèmes attendant une solution et des recherches à entreprendre. Un archiviste ou secrétaire, nommé par chaque bureau parmi les savants sachant tenir une plume, condenserait les opinions importantes de façon à ne pas réunir des avis au hasard, mais à quintescencier l'avis général des experts dans une

même branche. Ces comptes rendus, bien faits, auraient une valeur énorme comme documents pour les réformes à introduire en pratique.

Les *Bureaux consultatifs* devrait être subventionnés, afin que la recherche scientifique puisse devenir une profession libérale comme une autre. Il ne suffit pas de chercher partout des travailleurs, il faut leur permettre de gagner honnêtement leur vie... Un homme deviendra un « chercheur scientifique », comme il devient médecin ou avocat, et pourra donner ainsi tout son savoir, et non pas seulement pendant les vacances ou à temps perdu, comme le font actuellement certains savants qui professent dans les établissements d'éducation.

Des « bourses de recherches » de ce genre ont été fondées pendant l'Exposition de 1851 et ont donné de bons résultats ; leur subvention devrait être de 3.750 à 5.000 fr. par an.

Donc, pour les recherches scientifiques, création de bureaux consultatifs renouvelables sur vue du travail produit; division du travail distribué à des sous-commissions d'études et à des chercheurs professionnels.

On a coutume d'accuser les maisons anglaises dont la fabrication comporte des détails scientiques de ne pas s'être assuré, comme les maisons allemandes, les avis d'experts en la matière. Les savants, questionnés, ont répondu que cela tenait à l'imprévoyance ignorante des fabricants ; ceux-ci jettent à leur tour la pierre aux savants et les accusent de manquer d'esprit pratique. Il y a sans doute de l'un et de l'autre.

Les questions de prix de revient, de transports, de main-d'œuvre, d'approvisionnements, viennent compliquer singulièrement la recherche scientifique au moment de son d'application à l'industrie, et tel succès de science pure peut devenir un fiasco en science appliquée, de par ces causes secondaires, qui sont à considérer aussi avec attention.

Le secret professionnel aussi est de première importance, de même que la propriété d'une découverte. Si un savant au service provisoire d'un industriel fait une découverte d'un gros rapport, à qui appartiendra-t-elle ? A l'industriel qui prépare la voie, a fait venir le savant et lui a mis tous les atouts dans la main ? ou au savant dont l'intelligence a résolu le problème ? Et si le savant fait mine de ne rien trouver et emporte d'importants secrets qui peuvent lui être achetés à prix d'or par une maison rivale ?

M. T. Humberstone a traité de quelques-unes de ces difficultés dans une brochure éditée par le Ministère de l'Intruction publique anglais, où il rappelle la solution de la question préconisée aux Etats-Unis par feu le Professeur Robert Kennedy Duncan sous le nom d'*association de recherches industrielles*, où elle a donné de bons résultats. Les Universités choisissent parmi leurs élèves gradués des « *membres chercheurs* ». D'un autre côté, les fabricants sont invités à s'adresser aux universités pour la solution des problèmes qui les intéressent. De part et d'autre, on signe un contrat, un véritable contrat commercial, mentionnant la rémunération du *chercheur*, et sa gratification en cas de réussite. Celui-ci s'engage au secret, et à faire breveter la découverte possible par le fabricant. De la sorte tous les intérête sont sauvegardés : le fabricant a à sa portée les ressources du laboratoire universitaire; l'inventeur possède un stimulant et un salaire; l'université même bénéficie des découvertes de science pure qui peuvent être faites en chemin. Le *chercheur* acquiert progressivement de l'expérience et par conséquent de la valeur. C'est une variété nouvelle d'ingénieur-conseil, le savant-conseil.

On a souvent agité la question d'une récompense pécuniaire que l'Etat devrait accorder à ceux qui font progresser la science. Ceci est juste en théorie, mais inapplicable en pratique, car nul ne connaît la valeur d'une découverte scientifique, dont on ne se rend même compte que bien des années plus tard... trop souvent après que la tombe s'est refermée sur l'inventeur.

Pour illustrer cet aphorisme, M. Fleming cite le cas de Faraday, dont la découverte de l'induction magnéto-électrique en 1831 parut sans grande valeur alors et dont l'application a créé des richesses énormes. Il cite aussi le livre de Clerk Maxwell : « Théorie dynamique du Champ électromagnétique », considéré à son apparition comme une œuvre de science un peu exaltée, et qui provoqua vingt ans après les travaux de Hertz sur les ondes électriques, et nous donna trente cinq ans plus tard la télégraphie sans fil !

Comment payer des choses pareilles, les plus belles, celles qui dépassent l'entendement humain de leur époque ?

La seule possibilité consiste, non à payer les découvertes, mais à les faciliter en provoquant des collaborations, des associations d'études, des sociétés, des unions professionnelles de savants, assises sur les bases solides et bien comprises d'un système qui les renouvelle et les astreigne à une production intensive et régulière.

Le système des *Bureaux consultatifs* et celui des *Membres-chercheurs* peuvent être combinés profitablement pour en créer un troisième, meilleur encore, qui cumulerait l'encouragement et

la récompense, la science pure et la science appliquée, la nouveauté et l'intérêt.

A la suite d'une démarche faite en mai 1915 par la *Royal Society* et la *Chemical Society* au Ministère de l'Instruction publique anglais, le Parlement a voté un crédit annuel de 625.000 fr. pour la recherche ; c'est évidemment quelque chose, mais ce n'est pas encore assez.

II

M. Fleming étudie en second lieu les moyens nécessaires à la recherche scientifique, soit les matières et les appareils. Jadis, ils coûtaient peu de chose ; mais, actuellement, il n'en est plus de même : la recherche scientifique moderne nécessite, en général, un matériel coûteux.

Au commencement de la guerre, on eut la douloureuse surprise de constater que, pour toute la verrerie, la porcelaine, l'outillage de laboratoire, l'Angleterre était tributaire de l'Allemagne ou de l'Autriche. Même disette de produits pharmaceutiques, de colorants, de réactifs... Les sciences physiques n'étaient pas plus heureuses ; l'électricité surtout manquait des éléments les plus indispensables : pas de fours électriques à résistance, pas de pompes pneumatiques pour vide élevé, pas de fils métalliques spéciaux pour bobines de résistances, pas de charbons pour lampes à arc, etc...

La prévoyance scientifique allemande éclate particulièrement au sujet du tungstène, indispensable à présent pour la fabrication des lampes à incandescence dans lesquelles il a détrôné le filament de carbone, et aussi pour les aimants et les machines-outils où l'acier au tungstène est nécessaire. Dès qu'ils se sont rendu compte de l'importance de ce nouveau métal, les Allemands ont voulu l'accaparer, achetant même toute la production des Indes anglaises, qui à elles seules fournissent un cinquième de la production mondiale. Ils achetaient le minerai brut et l'expédiaient en Allemagne pour être traité, et les Anglais se contentaient de racheter le tungstène métallique ou les instruments mêmes où il est employé. De la sorte, lorsque la guerre éclata, les Allemands, non producteurs, avaient un stock de métal, et les Anglais, producteurs, n'étaient pas capables d'en traiter une tonne !

Ceci n'est qu'un exemple entre mille, dit M. Fleming, « pour montrer l'imprévoyance anglaise opposée à la prévoyance allemande ». Il ne faudrait pas en conclure que les Anglais soient incapables ; seulement ils trouvaient plus commode d'acheter que de fabriquer, à cause des difficultés du travail et des complications des lois fiscales.

M. Fleming note d'ailleurs avec plaisir les progrès faits depuis quelque temps, et qui dénotent en effet un grand effort accompli. Rien que pour l'industrie verrière, par exemple, ravivée par un *Comité de Recherches* fondé par l'*Institut de Chimie* sous la direction de feu le professeur Meldola, onze formules ont été établies et distribuées gratuitement aux verreries d'Angleterre, qui suppléent dès à présent aux besoins du pays, même en verres optiques ou pharmaceutiques inattaquables, tubes pour rayons cathodiques, ou autres spécialités. Certaines verreries de laboratoire, particulièrement compliquées, ne sont pas encore obtenues, mais cela viendra sans doute, comme on l'a réalisé pour la porcelaine chimique que l'on faisait aussi autrefois venir d'Allemagne.

Voilà pour le présent, mais il faut aussi envisager l'avenir. Après la guerre, l'Angleterre va-t-elle de nouveau s'engourdir et redevenir tributaire de l'Allemagne ?

Pour éviter de semblables errements, il faut créer pour l'Angleterre son indépendance scientifique absolue : c'est pourquoi il faut créer un *Bureau des Travaux scientifiques*.

Que les agences, les comités, les institutions, que tous ceux qui veulent contribuer à donner aux usines les informations scientifiques nécessaires se groupent, se fondent en une organisation unique, dont la fonction soit justement de distribuer les renseignements au sujet des modes de fabrication, des prix de revient, des brevets ; en général, de tout ce qui touche aux recherches scientifiques.

Il faudrait subventionner, au début, ce *Bureau*, mais il ne tarderait pas à se suffire à lui-même, ne serait-ce que par le recouvrement des cotisations payées par les fabricants abonnés. De même que l'on s'abonne à une agence d'informations politiques ou financières, on s'abonnerait à cette agence d'informations scientifiques qui transmettrait les dernières nouvelles intéressant la fabrication, la science pure ou appliquée, l'outillage d'usine et de laboratoire, etc... Un atelier et un laboratoire d'essais seraient à la disposition des membres, pour permettre des expériences d'application, de matériel, et pour faciliter aux fabricants ou à d'autres abonnés les décisions à prendre, en leur montrant quel est l'objet, la matière ou l'instrument dont ils ont besoin.

On trouve un commencement d'exécution de ce programme dans les informations publiées par l'*Institute of Chemistry*, sur les réactifs d'analyse, préparées par un Comité spécial nommé par l'Institut et la Société des chimistes analystes. Une *Association anglaise de matériel de*

laboratoire s'est fondée aussi par l'union de plusieurs firmes.

Il vaut mieux cependant réunir les intelligences que de les laisser travailler par groupements séparés; il y a là un effort national à faire pour sauvegarder l'indépendance scientifique de l'empire. L'éminent professeur supplie les législateurs d'étudier toutes les mesures à prendre pour non seulement aider à la création de cette indépendance, mais aussi pour éviter qu'elle ne soit tuée tôt après la cessation de la guerre, par la concurrence que ne manqueront pas de faire les Allemands.

Il faudra pour cela élaborer un système de lois commerciales destinées à protéger la recherche scientifique en Angleterre et chez ses alliés.

III

Le dernier point étudié par M. Fleming est la formation du contingent destiné à diriger les recherches scientifiques.

Le sommet de l'esprit inventif, le génie, est une chose qui ne se commande pas, qui ne s'achète pas. Cela est évident, mais on peut toujours le protéger, l'aider.

Il faut que le pays comprenne que les hommes si rares, doués d'une grande capacité scientifique et inventive, sont une richesse nationale incalculable ! Cette science, ce génie, ne doivent pas être dissipés dans la lutte pour le pain quotidien ; on doit faciliter au contraire à leurs possesseurs la vie matérielle, afin d'utiliser toutes leurs facultés vers le but cherché. On doit pouvoir aussi développer chez de jeunes sujets les tendances au génie inventif, en s'y prenant d'une façon convenable.

Le système d'enseignement actuel est déplorable ; les examens donnent des primes à la mémoire seule, et tuent l'originalité qui est d'une grande valeur ; et, malgré toutes les critiques sur ce sujet, la routine reste la même. L'éducation parfaite a pourtant pour but :

1° De former le caractère et la volonté et de créer le jugement;

2° De donner les connaissances générales nécessaires pour accomplir certaines choses;

3° De développer l'initiative, et le pouvoir de comprendre les problèmes nouveaux.

Or, les méthodes actuelles d'enseignement se bornent le plus souvent à fournir des matières toutes digérées.

Une éducation complète doit d'ailleurs comprendre une part de science et de ses applications au bien-être général ; et pourtant la plupart des maîtres ignorent tout de la science et ne cherchent même pas à en rien apprendre; ils s'en désintéressent. Dans les écoles, trop de place est accordée à la littérature et à la grammaire de deux langues mortes et peu ou pas du tout aux phénomènes physiques de la vie de chaque jour.

A cet état de choses doit être attribuée l'indifférence dont font montre les dirigeants de toutes les carrières libérales pour ce qui touche à la science.

Et pourtant, note M. Fleming, ce sont les découvertes scientifiques qui fondent les industries nationales ou les détruisent, précipitant dans la misère ou enrichissant de nombreuses populations. Il cite à l'appui de sa thèse la disparition bien connue de l'industrie de la garance en France et de l'indigo aux Indes, par la découverte de leur synthèse chimique en Allemagne et son application industrielle.

Voilà un exemple de la guerre économique, dont les armes sont les découvertes et les inventions scientifiques et qui n'est pas moins désastreuse que la guerre qui se fait par le fer et le feu.

La question primordiale est donc la suivante : quelles sont les mesures à prendre pour former les hommes qui porteront les couleurs de l'Angleterre dans cette bataille économique? Plus d'une application industrielle réalisée ailleurs a eu pour base les découvertes ou les suggestions de savants anglais. Ce qui a manqué dans ce pays, c'est la force de caractère nécessaire pour pousser les idées jusqu'au point où elles deviennent pratiquement productives. Il faut suivre l'exemple d'Edison qui, faisant les premiers essais de son phonographe, s'enferma, dit-on, à clef dans son laboratoire avec ses aides, et jura de ne laisser sortir personne avant que l'appareil n'eût parlé!

Il faut donc établir une union très étroite entre la science et l'industrie. Certains savants y voient un abaissement de la science. Certains industriels, par contre, ont tendance à mépriser la collaboration de la science. Et, pendant ce temps, l'industrie s'étiole et périclite.

Il faut que des liens solides soient formés entre les Universités, les grandes Ecoles et les usines, de façon à pouvoir utiliser immédiatement dans les fabriques et les ateliers les jeunes gens frais émoulus des Ecoles.

M. Fleming préconise, pour arriver à ces fins, le « sandwich system », qui consiste, pour des études devant durer quatre ans, à passer alternativement une année à l'usine et une année à l'école, la première et la troisième année à l'école, et la deuxième et la quatrième à l'usine. Il assure que les résultats sont meilleurs que ceux obtenus par deux années consécutives au même endroit.

Les professeurs devraient s'aboucher avec des

hommes de la pratique pour échanger des idées sur les méthodes à suivre pour diriger le travail des étudiants-apprentis, afin d'en faire, non des théoriciens peu pratiques ou des praticiens non scientifiques, mais des hommes utiles et précieux.

La pression économique qui suivra la guerre aura peut-être, parmi ses résultats, celui de diminuer le nombre d'heures dépensées aux sports et aux jeux en Angleterre, et par conséquent d'augmenter le temps consacré aux choses de l'esprit. On pourra élever le niveau des classes et terminer déjà au collège certaines études que l'on faisait dans les Ecoles supérieures.

Il y aura aussi à agiter les questions économiques, que les jeunes gens devront connaître, apprécier, approfondir dès le début de leurs études spéciales. Ils devront apprendre, non seulement comment fonctionne une machine au point de vue mécanique, mais aussi comment elle fonctionne dans l'économie de l'usine, ce qu'elle coûte, ce qu'elle rapporte. De la sorte, ils tireront parti immédiatement de leur stage d'atelier, et acquerront plus vite ce « flair d'industriel » qui fait évaluer les choses immédiatement en possible et impossible, en profit et en perte.

Il faut, pour réparer les désastres de cette guerre affreuse, utiliser tout ce qui a été gaspillé, et abolir le coulage et l'insuffisance dans la vie quotidienne, industrielle, commerciale, domestique.

Il faut, dit en terminant l'éminent professeur, avoir recours à l'ordre le plus absolu, mettre de la méthode dans la recherche scientifique même.

Nul n'était mieux placé que M. Fleming pour mener à bien une étude complète sur les lacunes de la science industrielle en Angleterre, et les moyens d'y remédier. C'est par son influence et sa compétence reconnue qu'il obtint, il y a bien des années, l'établissement du *National Physical Laboratory* dont l'Angleterre est fière à juste titre, et qui a déjà rendu tant de signalés services.

Il faut espérer que sa voix sera de nouveau entendue, surtout à un moment où la France et l'Angleterre, comprenant l'importance absolue des recherches scientifiques, viennent de mettre en commun leurs nouvelles découvertes.

J. de Baillehache.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Zoretti (L.), *Professeur à la Faculté des Sciences de Caen.* — **Exercices numériques et graphiques de Mathématiques sur les « Leçons de Mathématiques générales ».** — *1 vol. in-8° de XVI-128 p. avec 39 fig. (Prix cart. : 7 fr.). Gauthier-Villars et Cie, éditeurs, Paris*, 1914.

En présentant aux lecteurs de la *Revue*[1] les *Leçons de Mathématiques générales* de M. Zoretti, le regretté G. Léry a défini l'esprit de cet ouvrage, qui est de donner à ses lecteurs non des démonstrations difficiles de théories mathématiques plus ou moins élevées, mais avant tout des notions utiles, immédiatement applicables à la pratique.

C'est sur le même terrain que s'est placé l'auteur pour rédiger les *Exercices numériques et graphiques* qui doivent servir de complément à l'ouvrage précédent. Ces exercices sont à la fois éducatifs et pratiques : ils ont pour but de mettre l'étudiant dans les conditions mêmes et en présence des difficultés qu'il rencontrera dans la pratique. Il ne s'agit pas, pour cela, de fabriquer des énoncés empruntés à la discipline qui sera par la suite celle qui l'occupera : ce serait impossible à cause de la diversité des cas à prévoir. Mais l'auteur donne quelques énoncés où les données seront obtenues par l'élève lui-même en effectuant des mesures qui n'exigent pas un dispositif expérimental compliqué. Il verra ainsi, pour peu qu'il réfléchisse, comment se fait l'application des Mathématiques dans les cas de la pratique, à partir de quel moment elles interviennent, et comment se doivent interpréter d'une façon concrète les résultats fournis par les formules qu'il vient d'appliquer.

D'autre part, ces exercices doivent habituer l'élève à des difficultés qu'un cours théorique ne soupçonne même pas : non pas tant les difficultés d'application des formules ambiguës, celles qui font intervenir des questions de sens, que les difficultés de pur calcul : calcul numérique, calcul algébrique, calcul au trait, et surtout la grosse question des approximations et des unités.

Ce recueil est fait pour l'étudiant, spécialement l'étudiant qui travaille seul. L'auteur s'est préoccupé, en le rédigeant, de résoudre quelques-unes des difficultés que rencontrera celui qui, sans maître, en abordera l'étude. Il cherche à lui éviter les tâtonnements, bien que le temps qu'il passera à tâtonner ne soit pas du temps perdu; c'est au contraire, le moment le plus fructueux du travail; les choses ainsi apprises sont sues pour la vie.

Les exercices sont gradués, en ce sens que, dans les premières séries, l'élève est entièrement guidé : rien n'est laissé à son initiative, données, méthodes, marche à suivre sont précisées. Au contraire, vers la fin, les appels à l'initiative deviennent de plus en plus fréquents.

Le titre des diverses séries d'exercices donnera une idée des problèmes proposés à l'étudiant : I. Géométrie élémentaire. Revision; II. Coniques; III. Fonction linéaire. Mouvement uniforme; IV. Trinôme du second degré; V. Les fonctions circulaires; VI. Triangulation. Levé de plans; VII. Calculs approchés. Procédés empiriques; VIII. Notions de graphique; IX. Calculs effectués au moyen des séries; X. Résolution des équations; XI. Etude de certaines courbes. Courbure; XII. Fonction exponentielle. Logarithmes; XIII. Intégration graphique; XIV. Intégrales curvilignes; XV. Equations différentielles; XVI. Constructions géométriques relatives aux vecteurs; XVII. Etude des surfaces; XVIII. Diverses échelles. Points alignés. Abaques.

1. *Rev. gén. des Sc.* du 15 juillet 1914, t. XXV, p. 651.

2° Sciences physiques

Montoriol (E.), *inspecteur des Postes et Télégraphes.* — **La Technique télégraphique en France depuis l'origine.** — *1 broch. in-8° de 241 p. avec 113 fig. et 21 portraits hors texte. (Prix : 3 fr.). Ouvrage édité sous les auspices de l'Administration des Postes et des Télégraphes, pour l'Exposition universelle et internationale de San Francisco. Librairie de l'Ecole des Travaux publics, 3, rue Thénard, Paris*, 1915.

La télégraphie est d'origine essentiellement française; car, si de temps immémorial les armées en campagne ont fait usage de signaux pour transmettre certaines nouvelles, certains ordres prévus, ces communications n'étaient qu'idéographiques, et les codes de signaux alphabétiques sont de création moderne et ont été imaginés dans notre pays. Après les projets et les expériences d'Amontons, de Dupuis, de Gauthey, etc., le premier télégraphe qui fonctionna en service normal fut inventé en 1790 par Claude Chappe, et la première ligne, établie entre Paris et Lille, fut inaugurée, le 1er septembre 1794, par un télégramme annonçant la reprise de Condé sur les armées coalisées. Quand ce système dut définitivement céder la place au télégraphe électrique, en 1855, notre réseau télégraphique aérien comprenait 22 lignes, d'une longueur totale de 5.000 kilom., avec 534 stations.

La part de nos savants n'est pas moindre dans la création et le développement de la télégraphie électrique. Dès 1820, Ampère indiquait la possibilité de faire mouvoir à grande distance des aiguilles aimantées et d'en faire la base d'un système de signaux. Peu après, en découvrant l'aimantation temporaire du fer et en construisant l'électro-aimant, Arago fournissait l'organe principal du télégraphe.

M. Montoriol ne s'est point borné à exposer les travaux réalisés en France : son ouvrage constitue un excellent précis des débuts de la science de l'électricité et du télégraphe, et nous y voyons par quelle longue suite d'efforts il a fallu passer avant d'en arriver à l'état actuel.

Pour ne citer qu'un exemple, lorsqu'on a sous les yeux l'appareil si simple et si peu encombrant qu'est le télégraphe Morse, on ne se douterait guère de toutes les transformations qu'a dû subir le modèle primitif. Celui-ci était une machine monumentale, avec un électro-aimant de 60 cm. de hauteur et un mouvement d'horlogerie qu'il fallait remonter à l'aide d'un treuil. L'impression des points et des traits a exigé, à elle seule, une foule de recherches et de tâtonnements, avant que fût trouvé le procédé en usage aujourd'hui, imaginé en 1857 par Digney, constructeur à Paris.

C'est également à un constructeur parisien, à Froment, que revient le mérite d'avoir mis au point le télégraphe Hughes et d'avoir créé le système d'inversion qui permet de passer des lettres aux chiffres, ou réciproquement, et de réduire ainsi le nombre des touches du clavier à 28, bien que la roue des types porte 56 signaux.

Les perfectionnements successifs de l'appareil Baudot ne sont pas moins intéressants à suivre, ainsi que son application à la télégraphie sous-marine par Pierre Picard.

La télégraphie sans fil est aussi l'objet d'un exposé très complet, quoique nécessairement concis, avec un souci d'impartialité dont il faut louer l'auteur. C'est ainsi que, sans vouloir en rien diminuer le rôle de Marconi, à qui revient incontestablement la gloire d'avoir réussi la première expérience décisive, en 1899, entre Douvres et Wimereux, M. Montoriol rappelle que le jeune compatriote de Galvani et de Volta tint lui-même à ce que le premier radiotélégramme transmis à travers

la mer fût adressé à M. Branly, voulant ainsi, avec une loyauté qui lui fait honneur, rendre hommage au savant français qui avait ouvert la voie.

Ce résumé de l'évolution de la technique télégraphique est complété par l'énumération des ouvrages et publications périodiques qui ont contribué à la diffusion des connaissances acquises, depuis le *Traité de Télégraphie*, de Bergon (1848), jusqu'à l'*Electricité théorique*, de M. Pomey (1914).

L'illustration comprend des dessins schématiques et aussi de très intéressantes vues d'appareils, tant anciens que récents, ainsi que des portraits d'inventeurs et de savants. Il est seulement regrettable que ces reproductions, en similigravure, soient de médiocre exécution.

Ernest Coustet.

3° Sciences naturelles

Kellogg (V. L.), *Professeur d'Entomologie*, et **Doane** (R. W.), *Professeur adjoint d'Entomologie économique à l'Université Stanford (Etats-Unis)*. — **Elementary Textbook of economic Zoology and Entomology** (Traité élémentaire de zoologie économique et d'Entomologie). — *1 vol. in-16° de 532 p. avec 245 fig. (Prix cart. : 6 sh. 6 d.) Constable and Co., Londres*, 1915.

Ce petit ouvrage de 532 pages a pour objet d'initier les élèves aux études zoologiques, de mettre en évidence l'intérêt pratique de ces études, surtout de donner à ceux qui en feront usage le goût de l'observation personnelle. « Aucun traité de Zoologie, disent les auteurs, ne peut réellement donner à l'étudiant les connaissances qu'il cherche... Et les meilleurs étudiants trouveront toujours des choses qui ne sont pas dans les livres. »

Pour arriver à ce résultat, les auteurs ont adopté un plan très original, qu'on n'observe, à ma connaissance, dans aucun traité similaire. Il est divisé en trois parties, encore que les auteurs se bornent à en indiquer deux : la première est une sorte d'introduction à la Zoologie; — la seconde, de beaucoup la plus étendue, traite de la classification et étudie les animaux à tous les points de vue, en faisant une part aux questions économiques; — la troisième est consacrée aux animaux nuisibles. On verra que ces parties chevauchent un peu les unes sur les autres et que, dans chacune d'elles, un plan uniforme n'a pas toujours été suivi.

Les auteurs ont justement évité de se perdre dans les considérations générales qui encombrent souvent les premières pages des traités classiques. Au lieu de débuter par une définition de l'animal, qu'il est impossible de donner avec précision, ils ont consacré la première partie de leur ouvrage à l'étude quelque peu détaillée de certains animaux très connus : la grenouille, le criquet, l'hydre d'eau douce et l'amibe. L'idée me paraît excellente; les élèves ne sauront peut-être pas définir un animal, mais ils apprendront à savoir ce que sont les animaux, et cela paraît bien préférable. Je reprocherai toutefois à ces petites monographies d'être inégales, et un peu dures à lire pour un débutant; elles sont trop anatomiques et pas assez biologiques au sens large de ce dernier mot; les auteurs consacrent bien un paragraphe aux habitudes de la grenouille, mais ils ne disent pas un mot de celles des criquets ; ils indiquent bien la structure de l'hydre, mais ils ne mentionnent pas les expériences de scissiparité artificielle (expériences de Trembley) qui sont pourtant fort suggestives et propres à intéresser les élèves.

La deuxième partie débute par un long et intéressant chapitre consacré aux Protozoaires et à leur classification; les formes parasites y sont seulement indiquées, leur étude occupant une place importante au début de la troisième partie; cette dissociation d'un sujet se rencontrera ailleurs dans ce livre ; si elle avait été rigoureusement suivie, elle aurait eu l'avantage de réunir en une même partie du livre toutes les espèces nuisibles, ce qui est en rapport avec la conception pratique des auteurs. Viennent ensuite les notions générales sur la différenciation cellulaire, le développement et la classification. Celle-ci est indiquée dans un tableau qui aurait besoin de commentaires; car elle sera suivie rigoureusement dans la suite et présente une dispersion de certains groupes qui aurait besoin d'être expliquée puisqu'elle a paru avantageuse. Je veux bien que le groupe des Vers compte parmi les moins naturels; tout de même on aimerait à savoir pourquoi les Vers parasites prennent place entre les Cœlentérés et les Echinodermes, les Annélides venant aussitôt après ces derniers. Cette disposition peut être juste, elle ne laisse pas que d'être troublante. Chacun des groupes est ensuite étudié à tous les points de vue, et c'est une partie fort intéressante de l'ouvrage; il y a toutefois de grandes inégalités dans l'exposition; tantôt certain groupe est traité en longueur avec un luxe de détails qui fait songer à la monographie de la grenouille placée en tête du livre, souvent avec des considérations économiques, mais pas toujours, sans qu'on sache pourquoi ces considérations font défaut. Il y a un manque d'équilibre évident. La deuxième partie se termine par un chapitre intéressant, relatif, à la variabilité et à l'évolution des animaux.

Les auteurs de l'ouvrage sont tous deux entomologistes et c'est pourquoi sans doute ils ont consacré la troisième partie presque tout entière aux Insectes nuisibles. Il est vrai que cette partie débute par un important chapitre où sont traités les Protozoaires parasites, mais alors pourquoi ne pas avoir éliminé de cette partie les Vers plats et les Vers ronds, qui ne sont pas moins nuisibles? Toujours le chevauchement et le défaut de méthode, ce qui n'est pas sans inconvénients pour les élèves. Les multiples chapitres consacrés aux Insectes sont bien disposés pour la pratique, en ce sens que chacun d'eux traite un sujet spécial : Insectes nuisibles aux vergers, aux arbres des forêts, aux jardins, aux orangers, etc. Un chapitre est consacré aux moyens de combattre les Insectes nuisibles. Cette troisième partie est excellente pour donner aux élèves le goût de l'observation; les auteurs y ont choisi pour exemples les espèces les plus communes, qu'ils se sont appliqués, non sans succès, à bien faire connaître.

En somme, l'ouvrage pèche surtout par un défaut de méthode et d'équilibre. Mais on sent qu'il est l'œuvre de biologistes passionnés et fort érudits, et il a le grand avantage de présenter la Zoologie sous toutes ses faces. En dépit des critiques relevées plus haut, et qui sont exclusivement des critiques de méthode, je crois qu'il atteindra le but que se sont proposé les auteurs, car il est des plus captivants, remarquablement illustré, riche en observations, somme toute très bien fait pour donner aux élèves le goût des recherches personnelles. Il est destiné aux Etats-Unis, et les exemples qu'il cite sont pour la plupart empruntés à cette région; mais ces exemples ne diffèrent pas beaucoup de ceux qu'on pourrait choisir en Europe, et d'ailleurs nos zoologistes auront tout intérêt à consulter cet ouvrage qui leur permettra d'avoir des notions très sûres et très sérieuses sur les faunes et leurs espèces nuisibles américaines.

E.-L. Bouvier,
Membre de l'Institut,
Professeur au Muséum.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 5 Juin 1916

1° Sciences mathématiques. — M. C. V. L. **Charlier**: *Sur la construction de la galaxie.* L'auteur a étudié la répartition et les mouvements des étoiles du type spectral B, ou de l'hélium, qui sont les étoiles les plus grandes et les plus chaudes dans les cieux. L'étoile du type B la plus rapprochée est à 4 siriomètres du Soleil (un siriomètre égale un million de fois la distance du Soleil à la Terre); c'est α Eridan, du ciel austral. La plus éloignée est à 250 siriomètres. La galaxie des étoiles du type B forme un amas d'étoiles bien défini qui, d'une densité relativement grande au centre, devient graduellement plus rare jusqu'à une distance de 200 siriomètres environ. Le centre de cet amas, qui probablement peut être identifié avec le centre de l'univers stellaire, est situé dans la direction $\alpha = 7^h,7$, $\delta = -55°,6$ dans la constellation de la Carène. La loi de répartition des étoiles du type B est très simple; elle est très près de la forme normale pour trois variables bien connue dans la statistique mathématique. La majorité des étoiles B sont situées dans un ellipsoïde de révolution ayant les axes des X et des Y égaux à 150 siriomètres et l'axe des Z à 50 siriomètres. La densité monte à 0,0026 étoile par siriomètre cube dans le centre. — M. B. **Galitzine** : *Sur la localisation de l'épicentre d'un tremblement de terre d'après les observations d'une seule station sismique.* L'auteur emploie deux pendules horizontaux apériodiques à enregistrement galvanométrique, installés à angle droit l'un par rapport à l'autre. Soient y_E et y_N les amplitudes du même maximum sur les sismogrammes au début de la première phase P d'un sisme pour les composantes E-W et N-S, et C_E et C_N les valeurs des constantes des sismographes correspondants. Si les deux pendules et les deux galvanomètres correspondants sont installés à la limite de l'apériodicité, et possèdent tous la même période propre d'oscillation quand l'amortissement est supprimé, alors l'azimut cherché α de l'épicentre est donné par la formule : $\operatorname{tg} \alpha = (C_E/C_N) \times (y_E/y_N)$. On attribue au déplacement du sol vers le N et l'E le signe +, et vers le S et l'W le signe —. Si l'on se sert encore comme auxiliaire d'un sismographe à composante verticale, montrant si le premier mouvement du sol est dirigé vers le haut ou vers le bas, alors l'azimut α se laisse déterminer sans aucune ambiguïté. En combinant la valeur de α avec la distance épicentrale Δ, obtenue au moyen des tables connues, on peut facilement calculer les coordonnées géographiques de l'épicentre au moyen des données d'une seule station sismique. — M. L. **Eblé** : *Sur les déviations de la verticale à Paris.* D'après les observations de Hecker, les déviations de la verticale à Potsdam correspondent à des déformations de l'écorce terrestre sous l'influence de la Lune et du Soleil relativement plus grandes suivant le parallèle que suivant le méridien. L'auteur a entrepris des observations analogues à Paris, au moyen d'un appareil placé dans les caves de l'Observatoire. D'après les résultats obtenus, et sans rien préjuger sur la rigidité *moyenne* du globe, il semble établi que les déviations de la verticale se produisent comme si la Terre était beaucoup moins rigide dans le sens du méridien que dans le sens perpendiculaire; elles correspondent à une rigidité sensiblement plus forte à Paris qu'à Potsdam.

2° Sciences physiques. — MM. A. **Blondel** et J. **Rey** : *Comparaison, au point de vue de la portée, des signaux lumineux brefs produits, au moyen d'un appareil rotatif, par des sources de lumière donnant des durées d'impression différentes.* Les résultats des expériences des auteurs établissent d'une manière indiscutable que l'utilisation d'une source de lumière pour la production d'éclats lumineux se succédant à intervalles fixés d'avance et produits par la rotation d'un appareil optique est d'autant meilleure que les éclats sont plus courts et qu'il y a intérêt à descendre autant que possible jusqu'à 1/10e de seconde, sinon au-dessous; la majoration de l'intensité apparente obtenue peut être considérable. L'utilisation des filaments à incandescence électrique permet de réaliser des éclats extrêmement brefs. En employant des filaments de tungstène incandescents dans l'azote, on peut théoriquement obtenir des signaux de portée beaucoup plus grande, à égale consommation de pétrole, en utilisant ce pétrole dans un moteur actionnant une dynamo qui porte à incandescence le filament qu'en le vaporisant dans une lampe à manchon incandescent par la vapeur de pétrole. — M. H. **Le Chatelier** : *Sur la dévitrification du cristal.* Au moment de l'invasion allemande, la fabrication du cristal dit *quinquet* dut être arrêtée aux usines de Baccarat. Le cristal déjà complètement fondu, puis porté à 1350°, fut ramené aux environs de 800° pendant 20 jours, puis laissé refroidir complètement. En brisant les creusets refroidis, on trouva que la masse vitreuse restée transparente tenait en suspension des cristaux constitués par de la silice sous l'une de ses variétés à faible densité, la tridymite. C'est le premier exemple précis d'une cristallisation de silice dans la dévitrification d'un verre. Cette observation semble indiquer que la tridymite devient stable dès qu'on a dépassé la température à laquelle le quartz peut subsister. Par conséquent, la cristobalite serait à toute température une variété métastable de la silice; on ne pourrait l'obtenir qu'en cours de transformation incomplète. — MM. **Amé Pictet** et **P. Stehelin** : *Formation de bases pyridiques par condensation de cétones et d'amides.* En chauffant à 250° en tube scellé un mélange d'acétamide et d'acétone, les auteurs ont obtenu de la triméthylpyridine symétrique, Eb. 166°-168°, avec un rendement de 2 à 3 °/₀ seulement. La benzamide et l'acétophénone, chauffées ensemble à 275°, ont fourni de la triphénylpyridine symétrique, F. 137°, avec un rendement meilleur (9 °/₀). Enfin, les auteurs ont obtenu une petite quantité d'α-picoline en chauffant à 280° un mélange de paraldéhyde et d'acétamide.

3° Sciences naturelles. — M. J. **Cardot** : *Sur la flore bryologique de Kerguelen.* L'île Kerguelen se distingue par la proportion élevée des espèces de Mousses endémiques; 88 espèces, soit plus de 55 °/₀ du total, n'ont pas été signalées en dehors de l'île. La majorité des autres espèces jouissent d'une dispersion plus ou moins étendue dans les régions australes. L'élément boréal est représenté par 16 espèces seulement. La flore bryologique de Kerguélen présente d'étroites analogies avec celle de la Géorgie du Sud. — M. A. **Chauveau** : *Le Dr Lucien Jacquet et la tuberculose du personnel des débits de vin dans le milieu parisien.* L'auteur estime, contrairement aux conclusions du Dr Lucien Jacquet dans son étude sur la tuberculose du personnel des débits de vin, que la transmission de la tuberculose au cabaret, où abondent les germes de la maladie, est complètement indépendante de toute action préparatoire de l'alcool-poison. Il faut donc renoncer à réaliser la lutte antituberculeuse avec la seule institution de la lutte antialcoolique. La guerre aux germes infectants et aux porteurs de germes constitue en somme, le seul moyen de défendre contre eux les individus bien portants. — MM. **Neveu-Lemaire**, **Debeyre** et **Rouvière** : *Forme prolongée de méningite cérébro-spinale et trépanation cérébrale.* Les auteurs montrent la nécessité,

dans les formes prolongées de la méningite cérébro-spinale, de pratiquer la trépanation et d'injecter du sérum antiméningococcique directement dans le ventricule. — M. **F. Bordas** : *L'oxygène ozonisé dans le traitement des plaies de guerre.* L'auteur a utilisé avec de bons résultats l'oxygène sous sa forme la plus active, c'est-à-dire l'ozone, soit dissous dans l'eau et employé en abondantes irrigations pour aseptiser les plaies sans risquer de désorganiser le tissu cellulaire ambiant, soit à l'état gazeux, en mélange avec l'oxygène pur, pour le traitement des plaies intéressant les grandes cavités, ou pour hâter la guérison des plaies superficielles en les plaçant dans une atmosphère spéciale dont l'effet peut être associé à celui de l'héliothérapie.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 6 Juin 1916

M. le Président annonce le décès de M. **Rommelaere**, de Bruxelles, correspondant étranger.

M. **Gaucher** présente, au nom d'une Commission, un Rapport *sur la lutte contre les maladies vénériennes et la syphilis.* Après avoir rappelé le développement considérable de ces maladies depuis le commencement de la guerre, la Commission préconise une série de mesures destinées à enrayer le péril vénérien : 1° surveillance et visite quotidiennes des femmes des maisons de tolérance ; visite hebdomadaire des autres prostituées inscrites ; 2° visite sanitaire des militaires tous les quinze jours; visite des permissionnaires avant de partir en permission et à leur retour ; 3° interdiction absolue du racolage sur la voie publique; 4° application rigoureuse de l'ordonnance de police, relative à la surveillance des garnis, des débits de boissons et de toute maison ouverte au public ; 5° interdiction du séjour, dans la zone des armées, des femmes qui n'appartiennent pas au pays ; 6° création d'hôpitaux spéciaux pour vénériens, militaires et civils, hommes et femmes, avec consultation et traitement externe ; 7° visite des indigènes appelés pour travailler dans les usines à leur embarquement dans les pays d'origine et à leur débarquement en France ; 8° multiplication des conférences déjà instituées, à l'usage des militaires, dans les formations sanitaires et dans les corps de troupe, sur le danger des maladies vénériennes et sur les moyens de les éviter. — M. P. **Reynier** : *Chloroformisation obligatoire dans le service militaire pour le diagnostic ou la thérapeutique sans opération sanglante.* L'auteur examine le cas des soldats, malheureusement de plus en plus nombreux, qui simulent des contractions ou se refusent à tout traitement pour être mis immédiatement en réforme. La chloroformisation permettrait le plus souvent de dépister les simulations ou de mobiliser les articulations dans un but thérapeutique. L'auteur estime que la chloroformisation est aujourd'hui une opération sans danger, lorsqu'elle est pratiquée avec des appareils doseurs ; à l'appui de ce fait, il apporte une statistique de 18.530 chloroformisations sans accident grave. Il préconise donc l'obligation de la chloroformisation dans les cas ci-dessus, sous peine de mesures disciplinaires. M. **Chauffard** fait remarquer que la question précédente n'est qu'un cas particulier d'un problème beaucoup plus général qui se pose actuellement chaque jour dans la pratique de la médecine militaire, c'est-à-dire les rapports réciproques des devoirs du contrôle médico-chirurgical et du droit individuel du soldat. L'Académie nomme une Commission pour l'étude générale de cette question. — M. **P. Tissier** : *Sur l'épidémie actuelle de coqueluche et sur la fréquence anormale de cette maladie chez l'adulte.* La Ville de Paris et quelques communes environnantes sont actuellement le théâtre d'une épidémie de coqueluche, qui donne un chiffre de décès huit fois supérieur à la moyenne habituelle. Cette épidémie se caractérise avant tout par la fréquence inusitée de la maladie chez l'adulte, au point que régulièrement ce sont les enfants qui ont été contagionnés par leurs parents. La maladie cède en général rapidement aux médications habituelles de la coqueluche, mais il importe beaucoup que le traitement soit précoce. — M. **A. Collin** : *L'enfance délinquante. Étude médico-légale.* L'auteur a eu à examiner au point de vue médical un très grand nombre de délinquants amenés devant le Tribunal des enfants. Exclusion faite des enfants moralement abandonnés et des enfants grossièrement anormaux, il a divisé les délinquants en 4 groupes : Ceux du *premier groupe* ont une hérédité toxi-infectieuse nette qui a influé sur leur développement dans la première enfance ; ce sont des enfants justiciables de la thérapeutique. Ceux du *second groupe* ont une hérédité pathologique similaire, qui n'a pas influé sur leur évolution. Les moyens d'action sont très restreints ; ils ne sont pas curables. Ceux du *troisième groupe* ont une hérédité dont le caractère pathologique ne s'impose pas aux investigations cliniques, mais ils ont été touchés dans leurs premières années par une maladie infectieuse qui les a atteints à des degrés divers. Par la combinaison des signes mentaux et des signes physiques, il est possible de porter un pronostic. Ceux du *quatrième groupe* présentent des signes gastro-intestinaux ou d'infiltration tuberculeuse ; leur état d'excitation psychique est en rapport étroit avec leur état organique. Tout ce qui précède peut s'appliquer à beaucoup d'enfants au lycée ou dans la famille ; ils peuvent présenter les mêmes tares ; ils doivent à la classe sociale à laquelle ils appartiennent de n'être pas devenus des délinquants. Donc, seule l'étude du passé permet de comprendre et d'apprécier exactement l'état actuel de l'enfant et de pronostiquer son avenir. Inversement, toute anomalie d'évolution chez l'enfant de 1 à 3 ans et tout trouble persistant de caractère, dès cet âge, doivent fixer l'attention du médecin, afin qu'un traitement rationnel soit appliqué alors qu'il en est encore temps.

Séance du 13 Juin 1916

L'Académie discute le Rapport de M. Gaucher sur la lutte contre les maladies vénériennes. Elle en adopte les quatre premières conclusions (voir ci-dessus). — M. **J. Grasset** : *Le droit, pour le blessé, de refuser des interventions ou des opérations reconnues nécessaires pour le diagnostic ou le traitement.* L'auteur signale qu'au centre neurologique de la XVIe région de nombreux soldats ont refusé une série d'interventions nécessaires pour le diagnostic ou le traitement : ponction lombaire, prise de sang pour la réaction de Wassermann, plâtrage... Ces refus ne sont formulés que par les psychonévrosiques, chez lesquels on peut assister à l'éclosion de véritables *épidémies de refus.* Les lésionnels acceptent beaucoup plus facilement ces divers moyens. — M. le Dr **Petrovitch** : *Recherches sur la bactériothérapie de la fièvre typhoïde au cours de la campagne récente en Serbie.* L'auteur a appliqué la bactériothérapie à 2.270 typhiques, tandis que 1.030 ont eu seulement le traitement symptomatique et 980 ont été traités par l'homosérothérapie. Il a reconnu que les doses relativement fortes de vaccin peuvent être supportées par les malades non affaiblis et à la première phase de la maladie, mais les doses relativement faibles sont tout aussi actives. Loin d'augmenter la dose chez les sujets affaiblis par la longue durée de la maladie, dans les cas graves et alors que les forces du malade ont fléchi, il faut au contraire la diminuer, et c'est seulement avec des doses diminuées et faibles de vaccin curatif que l'on obtient alors des résultats favorables.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 3 Juin 1916

MM. **A. Policard, Duval, Bellet** et **Ravary** : *Recherches critiques à propos de la méthode de traitement des plaies par les solutions hypertoniques (méthode de*

Wright). L'action bactéricide de la lympe appelée par les solutions hypertoniques est insuffisante pour amener la stérilisation pratique de la plaie ; il y a donc intérêt à faire succéder à la phase hypertonique de la méthode l'emploi d'antiseptiques appropriés. Les phénomènes de protéolyse sont très actifs et constants pendant toute la phase hypertonique ; ils rendent nécessaire une grande surveillance de la plaie en ce qui concerne la possibilité d'ulcérations vasculaires et d'hémorragies. Enfin le drainage lymphatique réalisé par l'emploi des solutions hypertoniques est vraiment remarquable ; il implique le renouvellement fréquent du pansement. — M. **R. Biot** : *Influence de la phloridzine sur les réactions biologique de l'urine des tuberculeux.* I-II. L'auteur montre que la présence du sucre dans les urines n'est pas un des facteurs de leur pouvoir absorbant (ou antihémolytique). Il est nécessaire de doser, au moment même de chaque réaction de fixation du complément, le pouvoir absorbant de chacun des éléments qui y entrent en jeu : antigène, sérum, urine. — M. **Ed. Retterer** : *Structure variable du tissu érectile des corps caverneux.* L'ébauche des corps caverneux est identique partout et leur but physiologique est le même chez tous les Mammifères. Cette ébauche fabrique des matériaux d'espèce et de nature qui varient selon le groupe animal ; assemblés diversement, ces matériaux édifient un instrument capable de réaliser, à un moment donné, la forme et la consistance d'une tige rigide. Tantôt c'est la portion *proximale* des corps caverneux qui seule se munit de tissu érectile, tandis que leur portion distale devient cartilagineuse ou osseuse ; tantôt la trame reste fibreuse dans toute la masse et les vaisseaux dilatés en remplissent les interstices ; tantôt, enfin, la trame s'enrichit de fibres musculaires et les capillaires débouchent dans des réservoirs résistants et élastiques. Les corps caverneux sont l'un des exemples les plus démonstratifs des transformations que, dans les conditions physiologiques, les cellules d'un organe homologue subissent pour produire des éléments d'espèce différente. — MM. **N. Fiessinger** et **R. Moraz** : *Contribution à l'étude des exsudats de la plaie de guerre.* I-III. La réaction leucocytaire dans la plaie de guerre précède de beaucoup la diffusion de l'infection et résulte de l'intensité des lésions attritives. Les exsudats ont, de plus en plus, une formule de polynucléose pure et leur vitalité cellulaire dans les premières heures paraît diminuer à mesure que la plaie vieillit et qu'on se rapproche de la période infectieuse, en même temps que les leucocytes se chargent de grains soudanophiles. A mesure que l'infection se développe, le nombre des hématies baisse rapidement, tandis que celui des leucocytes monte d'une façon progressive, en même temps que se multiplient les figures de phagocytose. Le développement des microbes dans le pus n'est pas seulement affaire de vitalité et de virulence bactérienne, mais il est aussi en rapport avec l'état physico-chimique du pus (action des dilutions, chauffage, dégraissage), où le leucocyte et les substances dérivées jouent le rôle prédominant. — MM. **C. J. Parhon** et **V. Eniu** : *Origine du colloïde chromophile de la glande thyroïde.* Les auteurs estiment que le colloïde chromophile de la thyroïde est formé surtout aux dépens des hématies et que sa présence indique l'existence d'hémorragies folliculaires plus ou moins anciennes. — MM. **C. J. Parhon** et **Gr. Bazgan** : *Phénomènes anaphylactiques consécutifs aux revaccinations anticholériques. L'adrénaline dans le traitement de l'anaphylaxie.* Les auteurs, en pratiquant en 1915 une revaccination anticholérique chez des hommes qui avaient déjà été vaccinés antérieurement en 1913 et 1914, ont observé trois cas typiques d'anaphylaxie, avec dyspnée, sueurs profuses, extinction de la voix, asthénie et hypotension accusée. Ils procédèrent à l'injection sous-cutanée de 1 cm³ d'adrénaline au millième, et les phénomènes ci-dessus disparurent rapidement, après avoir résisté aux autres traitements. Il serait intéressant d'essayer l'emploi de l'adrénaline à titre préventif, toutes les fois que des accidents anaphylactiques sont à craindre. — Mme **A. Drzewina** et M. **G. Bohn** : *Production expérimentale d'Hydres doubles.* Les auteurs ont montré (p. 386) que la diminution de la teneur de l'eau en oxygène pendant un certain nombre d'heures détermine chez les *Hydra viridis* des phénomènes de réduction plus ou moins intenses, suivis généralement de régénération. Lorsque les Hydres portent des bourgeons, trois cas peuvent se présenter : 1° Le bourgeon est jeune ; au retour dans l'eau aérée, il se résorbe petit à petit et disparaît ; 2° Le bourgeon est cylindrique et porte déjà des ébauches distinctes des bras. Après retour dans l'eau aérée, il continue son évolution, et finit par se détacher, comme c'est la règle. 3° Le bourgeon, tout en étant déjà allongé, ne présente pas d'indices de bras. Alors il reste indéfiniment attaché à l'Hydre mère, en donnant naissance à une véritable Hydre double. — M. **C. Jouan** : *Petit-lait tournesolé et succédanés.* L'auteur décrit une bonne méthode de préparation du petit-lait tournesolé pour la différenciation des microbes du groupe coli-typhique. On peut remplacer ce milieu par la préparation suivante : bouillon peptoné ou non, dilué avec de l'eau distillée, de l'eau physiologique ou de l'eau de source, à cinq ou dix fois son volume, le tout additionné par litre de 10 gr. de lactose, 1 gr. de citrate de Mg et une quantité suffisante de teinture de tournesol ; faire la dissolution à froid, filtrer, répartir et stériliser à 110°-112°. Les réactions obtenues sont sensiblement les mêmes qu'avec le petit-lait. — M. **L. Roule** : *La biologie migratrice des Poissons du genre* Mugil *dans l'étang de Thau.* Les *Mugil* de l'étang de Thau montrent un type simplifié de la migration reproductrice ou génétique, car ils n'ont à se déplacer que d'un petit nombre de kilomètres pour accomplir leur voyage de ponte et changer de milieu. Ce type est complet, cependant : il comporte une descente à la mer, ou sortie, et une remonte en étang, ou entrée ; il se lie à l'acte reproducteur, qui s'accomplit normalement dans les eaux marines, c'est-à-dire dans un milieu différent de celui où s'accomplissent toutes les phases de la vie nutritive. Cette migration reproductrice a lieu sous l'influence d'un tropisme, d'ordre surtout respiratoire, puisque les individus vont toujours, quel que soit le sens de leur déplacement, d'un milieu plus pauvre vers un milieu plus riche en oxygène dissous.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 9 Juin 1916

M. **A. Haller** et Mme **Ramart** : *Action des organomagnésiens sur les arylidène-camphres.* La condensation du *p*-tolylidène-camphre avec du bromure de tolyl-magnésium donne naissance à deux di-*p*-tolylcamphométhanes isomères, F. 98°-99°, $[\alpha]_D = +75°$, et F. 113°-114°, $[\alpha]_D = +16°$, comme celle du benzalcamphre avec le bromure de phénylmagnésium avait fourni deux diphénylcamphométhanes.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 14 30 JUILLET 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : **LOUIS OLIVIER**

DIRECTEUR : **J.-P. LANGLOIS**, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Charles Weyher. — Charles Weyher, né à Strasbourg le 1er février 1836, est mort le 2 mai 1916 dans sa propriété de Bois-Salair, près Mayenne.

Dès l'enfance, il rêva machines pour actionner son bateau, sur l'Ill. Avant 20 ans, il avait fait, avec son frère Albert, sa première machine à vapeur et naviguait avec lui sur la Seine.

Enfant, en plus du rêve il savait observer : l'immobilité de l'oiseau, de la cigogne particulièrement, dans le vol plané l'avait frappé, et toute sa vie le vol le hanta, l'amenant à cette conception[1] que la force de l'animal suffit pour orienter les ailes, le vent faisant le reste. Mais c'est une autre observation qui en fit le savant que nous allons étudier.

Enfant, disons-nous, il assista sur le Rhin, à Bingen, à un furieux ouragan ; le tourbillon qui se forma venant fouetter le fleuve, il vit le buisson de la trombe marine se former, la colonne d'eau aspirée retombant en une pluie de gouttelettes affectant la forme d'un ballon aplati aux deux pôles.

Avant de parler du savant un mot sur l'homme :

Après le lycée de Strasbourg, l'usine Cavé ; le très bon apprenti-ouvrier qu'il était déjà a voulu s'y perfectionner ; il en sort ouvrier hors de pair. Il entre à Centrale en 1854 et obtient le deuxième diplôme d'ingénieur-mécanicien. Dessinateur chez Cail, on l'accuse de « gâter le métier », dessinant trop vite et trop bien. Il entre ensuite comme ingénieur dans la maison Goin. Il y fait campagne en Italie en 1860 et 1861 ; le pont du Tagliamento est son œuvre. En 1865 la maison l'envoie en Egypte, et il approvisionne les constructeurs du canal de Suez de dragues et de machines de toutes sortes. En 1868 il fonde la maison Weyher-Loreau, qui devint les Etablissements Weyher-Richemond et Cie.

En 1869 il épouse la sœur du futur sénateur de la Mayenne, M. Gustave Denis.

En 1870, il fait, dans le Génie volontaire le siège de Paris ; il y est décoré.

Après la guerre, il contribue largement, par des inventions, à la fortune de la maison Weyher-Richemond, qu'il laisse en pleine prospérité en 1906.

L'industrie cependant ne l'a pas absorbé tout entier ; son rêve d'enfant a pris corps ; le tourbillon qu'il a vu actionner l'eau du Rhin, il l'a retrouvé et étudié partout : sur les routes, la poussière aidant ; dans une cuve d'eau, l'écoulement par une soupape engendrant le tourbillon ; et aussi dans un puissant jet de gaz s'échappant d'une tuyère, jet dans lequel il abandonnera balles de celluloïd, balles de sureau, ballons du Louvre qui se mettront à évoluer à des distances de l'origine proportionnelles aux masses ; petit monde qu'il promènera en déplaçant la tuyère.

Une note de M. Faye sur les trombes marines paraît dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. Il en donne une explication toute autre que celle qu'a conçue Ch. Weyher. Notre chercheur va s'ingénier à réaliser sa trombe pour convaincre le savant, qui n'a pas tenu compte de ses objections. Quand il est sûr de lui, il le convoque ; mais en vain. Seulement d'autres académiciens ont répondu à l'appel et il les émerveille en leur produisant dans son atelier une véritable trombe, un cyclone même dont il leur démontre toutes les propriétés : les brusques sautes de vent, le calme central, les variations de pression à l'entrée, au centre, à la sortie[1].

L'explication des trombes marines, celle de la grêle qu'il réalise encore pratiquement en lançant dans son tourbillon du pollen de peuplier, ne lui suffisent pas ; il a vu plus grand, c'est à la théorie de la gravitation qu'il en a. Et là encore pour les sceptiques il veut démontrer : c'est son expérience des *sphères tournantes*.

1. Voir CH. WEYHER : Encore le vol des oiseaux. *Rev. gén. des Sc.*, t. XIX, p. 258. — ID. : Sur un cas singulier du vol de l'épervier. *Ibid.*, t. XIX, p. 342. — ID. : La forme des carènes. *Ibid.* t. XIX, p. 572. — ID. : Oiseaux et aéroplanes. *Ibid.*, t. XIX, p. 974.

1. Voir CH. WEYHER : Sur les cyclones. *Revue gén. des Sc.*, t. I, p. 480. — ID. : Nouvelles expériences sur les tourbillons. *Ibid.*, t. II, p. 10. — ID. : Sur l'origine des tourbillons naturels. *Ibid.*, t. II, p. 331.

Qu'y démontrera-t-il? Simplement : la formation des corps par les tourbillons, l'attraction moléculaire, la dilatation des corps, la limite d'élasticité dépassée amenant la dissociation du corps. Il y démontrera aussi à nouveau la théorie des trombes à l'aide de vapeurs folles. Enfin, passant des corps terrestres aux corps célestes, Ch. Weyher y montrera le tracé des orbites, la marche des satellites, la trajectoire des comètes.

Et, comme il faut une puissance pour actionner les astres, s'enrouler autour d'eux, les conduire en les retenant à leur distance, les vivifier et les faire communiquer tous entre eux, Ch. Weyher écrit sa brochure sur l'Éther (1903).

Il y proteste contre son « immatérialité », et estime qu'une matière raréfiée est plus puissante qu'une autre à la seule condition d'être animée d'une vitesse suffisante.

Entre temps, il a reproduit toute la *théorie des aimants* par les tourbillons; une brochure de 1899 sur les Aimants en résume les expériences [1].

Si l'on se rend compte que Ch. Weyher a toujours appuyé par l'expérience ses vastes conceptions, on peut imaginer quelle somme de travail manuel le merveilleux ouvrier a fourni ; tous ses appareils sortent forcément de ses mains.

Les Belges, les Anglais s'étant passionnés pour ses tourbillons, il a refait pour sa conférence à l'Université de Liége tous ses appareils; il en a refait pour la conférence à Londres; enfin une collection existe au Conservatoire des Arts et Métiers.

Pour terminer cette notice, nous citerons quelques lignes intimes de Ch. Weyher. Résumant sa foi, il m'écrivait en décembre 1912, en proclamant l'action tourbillonnaire universelle, la retrouvant dans la formation des corps, depuis l'escargot et la pomme de pin, jusque dans les cristaux et finalement dans les êtres animés, tous ces corps présentant les dérivés dyssymétriques des tourbillons, et il concluait :

« Le corps humain, comme celui de tous les êtres vivants, a localisé et retenu lui aussi son tourbillon éthéré qui l'entoure, le pénètre et le secoue, en le rattachant sans cesse au moteur original, c'est-à-dire à Dieu; établissant ainsi une communication directe, instantanée et constante entre le Créateur et sa créature. »

Colonel Gruau.

P. S. — Nous terminions cette notice quand nous apprenons que l'épouse modèle n'a pu survivre plus d'un mois au cher compagnon qui lui a dû peut-être de mener à bien ses grands travaux dans le calme d'une heureuse vie de famille. Elle était non seulement le charme et la joie du foyer; elle en était aussi « la Sainte », comme aimait à le dire Ch. Weyher.

§ 2. — Physique du Globe

Observations sur des perturbations électromagnétiques terrestres. — Un centre d'activité solaire de dimensions importantes a passé sur le bord ouest de l'astre du 31 mai au 2 juin 1916. Ce passage concorda avec de fortes perturbations électromagnétiques observées à Bordeaux, à l'aide des instruments suivants : 1° un magnétomètre permettant de déceler de faibles variations dans la composante horizontale du champ terrestre; 2° une boussole-magnétomètre accusant de rapides variations de cette composante; 3° un électromètre protégé par une cage de Faraday, relié à la terre.

Les perturbations observées furent analogues à celles que nous avons déjà antérieurement signalées.

On constata un accroissement du champ magnétique terrestre, du 31 mai au 2 juin; et la composante horizontale fut d'autre part soumise à des variations rapides du 31 mai au 3 juin. La durée moyenne de chaque oscillation magnétique subit des variations comprises entre 4 et 7 secondes. Ces perturbations furent particulièrement accentuées dans la soirée du 1er juin. Les durées moyennes des diverses phases du phénomène précédent furent de 2 secondes pour la période d'élongation maxima et de 4 secondes pour la période d'équilibre, suivies d'un rapide retour au zéro.

Les *phénomènes électriques* furent observés à l'aide d'un électromètre à feuille d'aluminium entièrement protégé par une cage de Faraday, reliée au sol; la feuille métallique était chargée à un potentiel positif constant. Les variations du potentiel de la cage étaient mises en évidence par les oscillations de la feuille à charge constante; elles furent mesurées au moyen d'une lunette munie d'un micromètre oculaire. Ces variations correspondirent également avec celles de la charge du sol et des couches inférieures de l'air; elles furent comprises entre 50 et 400 volts, pendant la durée moyenne de 6 secondes d'une oscillation complète. Les durées moyennes des diverses phases du phénomène furent de 2 secondes pour l'élongation maxima et de 4 secondes pour la charge stationnaire, avec un brusque retour au zéro. Les trois périodes d'une oscillation électrique complète eurent des durées sensiblement égales à celles d'une oscillation magnétique correspondante; toutefois, les oscillations électriques précédèrent les oscillations magnétiques de 2 secondes en moyenne. La grandeur relative d'une élongation magnétique était équivalente à celle d'une élongation électrique correspondante. D'autre part, l'Observatoire de l'Ebre (Tortosa, Espagne) enregistra de fortes perturbations magnétiques le 30 et le 31 mai, suivies d'une faible perturbation le 1er juin, avec un retour au calme le 2 et le 3 juin. Aucun trouble sensible n'y fut enregistré dans le potentiel de l'air aux mêmes dates que précédemment. L'Observatoire de Christiania (Norvège) n'enregistra, de son côté, aucun trouble magnétique sensible, ni aucune aurore polaire.

Un cyclone d'une grande violence dévasta la Saxe, des tourmentes de neige sévirent dans le Nord de la Russie, et des pluies très abondantes provoquèrent des inondations en Algérie, aux mêmes dates du 1er et du 2 juin 1916. Les régions Ouest de l'Europe se trouvèrent placées dans la région anticyclonique pendant toute la durée des perturbations précédentes.

On constate en dernier lieu un abaissement important dans la constante solaire et un refroidissement anormal de la température, pendant la durée du passage du centre d'activité dans l'hémisphère invisible du Soleil, du 1er au 15 juin, qui furent suivis d'une élévation brusque de la constante solaire et de la température dès le retour du centre d'activité au bord Est du Soleil à la date du 15 juin.

On a également constaté une diminution très sensible de la composante horizontale du champ terrestre à la date du 15 juin.

Il semblerait résulter des faits précédents que le passage du foyer d'activité très étendu dont nous avons parlé sur le bord Ouest du Soleil a provoqué, au début, des troubles magnétiques intenses, qui furent suivis d'un violent cyclone dans l'Europe centrale, dont les effets se manifestèrent depuis la Finlande jusqu'à l'Algérie. Ces troubles atmosphériques donnèrent lieu aux perturbations électromagnétiques relatées précédemment, dans la direction Est-Ouest, tandis qu'aucun trouble sensible ne fut observé dans les régions polaires boréales.

Albert Nodon,

Docteur ès sciences,

Président de la Société astronomique de Bordeaux.

1. Editée, comme ses autres œuvres, malheureusement en partie introuvables, chez Gauthier-Villars. Outre les articles de Weyher parus dans cette *Revue*, on pourra se reporter avec fruit, pour l'étude de son œuvre, à la conférence que M. Sylvain Périssé a faite à la Société des Ingénieurs Civils de France le 25 février 1916, conférence qui a causé la dernière grande joie de l'auteur de la théorie des Tourbillons, quand il y a trouvé son œuvre magistralement condensée en 30 pages. Un prochain numéro de la *Nouvelle Revue* résumera également son œuvre.

§ 3. — Physique

Expériences nouvelles sur la réfraction des rayons X. — D'après la théorie ordinaire de la dispersion, l'indice de réfraction μ d'une substance est fourni par une expression de la forme :

$$\mu^2 = 1 + \Sigma \frac{Ne^2}{\pi m(n_0^2 - n^2)}$$

où N désigne le nombre, par unité de volume, des particules de masse m, de charge e, vibrant avec une fréquence propre n_0; n représente la fréquence du rayonnement incident et varie grandement si l'on passe des rayons lumineux aux rayons X les plus pénétrants. Si cette fréquence n est, pour tous les rayons utilisés, supérieure à celle des vibrations naturelles des constituants électroniques, tous les termes $\frac{Ne^2}{\pi m(n_0^2 - n^2)}$ deviennent négatifs et peuvent affecter l'indice dans le même sens.

Si la théorie est applicable, même sous une forme plus ou moins modifiée, aux vibrations de très courtes longueurs d'onde qui constituent les rayons de Rœntgen, il ne semble pas impossible, à l'aide d'expériences très soignées, de déceler une réfraction de ces rayons.

Jusqu'ici, toutes les expériences ont été négatives; mais elles sont critiquables, en ce sens qu'elles ont été faites avec des surfaces optiques ordinaires dans lesquelles les irrégularités sont notables par rapport aux longueurs d'onde des rayons de Rœntgen.

Récemment, M. Charles G. Barkla[1] a entrepris de nouvelles recherches en utilisant un prisme d'angle notable limité par des surfaces réfringentes cristallines (prismes rectangles en NaCl ou KBr dans lesquels les surfaces réfringentes sont les plans cristallins à angle droit).

Dans une première série d'expériences, un pinceau étroit de rayons, limité par deux fentes parallèles, traverse le prisme disposé avec son arête parallèle à la fente, mais de manière à n'intercepter que la moitié du faisceau. Une moitié de ce faisceau traverse donc l'air au voisinage du prisme, l'autre moitié le prisme lui-même. Aucune déviation n'a été observée dans les images obtenues sur une plaque photographique placée au delà du prisme.

Dans une autre série d'expériences, deux prismes de KBr ont été superposés de manière que leurs arêtes soient dans le prolongement l'une de l'autre, les bases étant opposées : les déviations produites, si elles existent, doivent donc être de sens contraire. Un pinceau étroit de rayons, délimité par deux fentes parallèles, traversant le système, a donné sur un écran une tache absolument rectiligne, sans brisure ni décalage entre les portions correspondant aux deux prismes. Comme un déplacement latéral de $0{,}025^{mm}$ aurait pu être décelé, on peut conclure que la transmission à travers le prisme n'a pas produit une déviation de $0{,}012^{mm}$ pour une distance d'environ 140^{cm} (distance du système de prismes à la plaque). La déviation, si elle existe, est donc inférieure à 2 secondes d'arc. D'où l'on peut conclure que l'indice de réfraction de KBr pour un rayonnement de longueur d'onde voisine de 5×10^{-8}cm est compris entre 0,999995 et 1,000005.

Naturellement, si la réfraction ne se produit que pour un étroit intervalle de fréquences, il est possible que l'intensité du rayonnement réfracté soit trop faible pour produire une impression notable sur la plaque photographique.

Des expériences faites avec des rayonnements plus homogènes pourraient indiquer une telle réfraction pour une longueur d'onde particulière. Il paraît néanmoins peu probable à M. Barkla qu'on obtienne des résultats différents des précédents.

A. B.

1. *Phil. Mag.*, t. XXXI, p. 257; avril 1916.

§ 4. — Chimie industrielle

La raréfaction de l'essence de pétrole et son extraction du gaz naturel. — On cherche actuellement, par tous les moyens possibles, à retirer de l'essence de pétrole de tous les produits qui en renferment les constituants principaux, car cette essence devient relativement rare, et surtout augmente constamment de prix.

On recueille aux Etats-Unis 17 à 18 milliards de mètres cubes de gaz naturel annuellement, représentant une valeur de près de 480 millions de francs. L'échappement de ce gaz naturel est le plus souvent solidaire de l'extraction des pétroles, qui paraissent avoir la même origine. Pendant longtemps jadis, et même encore maintenant, il s'est produit une dilapidation énorme de ce gaz. Jusque vers 1880 on s'était contenté de le brûler au fur et à mesure qu'il s'échappait des tuyaux de captage des huiles minérales; depuis lors, on l'a recueilli autant que possible, et envoyé par des canalisations aux établissements métallurgiques, notamment de Pittsburg. Pour cela, quand sa sortie s'est régularisée après le début du fonctionnement des puits à pétrole, on dispose en haut du forage une installation spéciale pour le collecter par séparation d'avec l'huile. M. E. Starke a imaginé dans ce but une *gas-trap*, composée essentiellement d'un long tambour cylindrique qui permet d'isoler ce gaz. On a reconnu depuis que le gaz naturel contient souvent en quantité suffisante les constituants de l'essence de pétrole, et qu'on aurait avantage à construire une installation spéciale pour condenser le gaz qui s'échappe. Cette industrie, susceptible de prendre une grande extension dans les circonstances actuelles, vient de faire l'objet de recherches du Bureau des Mines des Etats-Unis, recherches confiées à MM. Burrell, Seibert et Oberfell.

La condensation est effectuée par le moyen du refroidissement et de la compression en une ou plusieurs opérations successives. La première tentative commerciale de ce genre a été faite en 1904 à Titusville et à Tidioute. En juillet 1913 il existait, dans la région située à l'Est de Titusville, 253 installations pour cette condensation du gaz naturel en vue de la production de l'essence. D'autre part, la Virginie de l'Ouest et la Pensylvanie avaient chacune 100 installations analogues. Les unes étaient alimentées par peu de puits, d'autres par beaucoup de puits (une vingtaine au moins) fournissant chacun une quantité assez minime de gaz. C'est dans ces conditions qu'en 1913 la production totale de l'essence (ou *gasoline*) obtenue par condensation représentait à peu près 35 millions de litres, dont la moitié environ provenait de la Pensylvanie, où la captation et l'utilisation du gaz dans ce but particulier se faisaient sur 1200 puits; il n'en existe pas moins de 56.000 dans tout l'Etat. Mais il y avait des installations analogues en Californie et dans l'Oklahoma. Si bien que, dans l'ensemble, les Etats-Unis, toujours en 1913, arrivaient à tirer du gaz naturel quelque 93 millions de litres d'essence ou d'un hydrocarbure en tenant lieu. Le développement de cette industrie suit une loi d'accroissement considérable; elle a doublé rien qu'entre 1912 et 1913. La quantité d'essence ainsi produite représentait bien 15 millions de francs.

Tous les gaz naturels ne sont pas bons pour cette condensation; c'est en partie à cause de cela qu'un très grand nombre de puits de pétrole des Etats-Unis ne fournissent pas à la fabrication de cette essence dite condensée : c'est le cas des gaz naturels appelés gaz *secs*, qui contiennent principalement ou presque uniquement du méthane comme élément combustible; il en est tout différemment du gaz *humide*, qui a été en contact avec le pétrole, et qui en a retiré des produits variés, de point d'ébullition très faible.

La compression du gaz, quand on emploie des compresseurs à un seul étage, ne se fait généralement pas à une pression de plus de 7,70 kilogs par cm², afin de prévenir un échauffement nocif. Dans les compresseurs

à deux étages, la pression moyenne pour le premier étage de compression n'est guère que de 2,5 kilogs; comme le gaz s'est échauffé pendant cette compression, on le refroidit en le faisant passer à travers des canalisations de 5 cm. de diamètre; dans le second compresseur, la pression peut s'élever à 17, 18, 20, 22 et même 24 kilogs par cm²; le gaz ainsi comprimé à haute pression passe dans des canalisations analogues, refroidies comme les autres par une circulation d'eau. Le liquide condensé est envoyé dans des accumulateurs; on évacue parfois, pour un autre traitement qui d'ailleurs ne réussit pas toujours, le gaz ayant échappé à cette première liquéfaction. On arrive quelquefois, mais c'est assez exceptionnel, à un rendement de 55 %.

Il est manifeste que, en présence de la disette d'essence actuelle, cette fabrication d'essence par condensation du gaz peut rendre de très grands services, tout comme la production, que l'on applique maintenant sur une assez grande échelle, par le procédé du *cracking*, qui, lui, s'attaque aux huiles de pétrole pour les décomposer à une température critique, et en tirer des essences ou des succédanés de l'essence proprement dite.

D. B.

§ 5. — Photographie

Le développement au diamidophénol acide. — M. Namias avait jadis préconisé l'emploi du bisulfite de soude dans le révélateur au diamidophénol, en cas de surexposition. Il est certain que le bain ainsi rendu acide devient notablement moins actif et fournit des images moins voilées, plus pures. Cet avantage a même paru tel à divers expérimentateurs, notamment MM. Balagny, Monpillard et Underberg, qu'ils ont généralisé l'usage du diamidophénol en solution acide.

M. Balagny prépare d'abord un « sulfite bisulfité » qui se conserve tant qu'il ne cristallise pas :

Eau	100 cc.
Bisulfite de soude	100 cc.
Sulfite de soude anhydre	20 gr.

Au moment de développer on prend :

Eau	150 cc.
Diamidophénol	1 gr. 5
Sulfite bisulfité	8 cc.

Les clichés ainsi obtenus sont brillants, bien modelés, sans empâtements dans les noirs, et rappellent l'aspect des anciens négatifs sur collodion. Cette méthode s'applique particulièrement à la reproduction des sujets à grands contrastes, tels que les scènes d'intérieur, avec personnages placés près des fenêtres et pris à contre-jour. M. Balagny avait montré, dans *Photo-Gazette*, quatorze tableaux de ce genre fort bien venus et déclarait qu'il serait impossible d'arriver à de semblables résultats par tout autre procédé.

Cette dernière assertion a paru exagérée à M. O. Mente qui, pour la contrôler, a exposé une série de plaques devant un sujet analogue : un siège devant une fenêtre, avec, au dehors, des bâtiments éclairés à quelques mètres de distance, tandis que l'espace immédiatement sous le siège était fortement dans l'ombre. Il a constaté qu'en donnant le même temps de pose dans chaque cas, le développateur au diamidophénol acide donnait considérablement moins de détails dans les ombres qu'un développateur alcalin. Ce dernier était du rodinal 1 : 20, et la plaque fut développée en 2 minutes, tandis que le bain acide en exigeait 16. La vue extérieure est mieux rendue avec le révélateur acide qu'avec le rodinal, mais, pour avoir des détails dans les ombres avec le diamidophénol acide, il fut nécessaire de donner *trente* fois plus de pose, et, dans ce cas, la vue de l'extérieur n'était pas aussi bien rendue qu'avec le rodinal.

La gradation relativement plus étendue que fournit le révélateur acide n'est pas niable; cependant, il ne faut pas perdre de vue que le but final du négatif est de donner une bonne épreuve positive. Or, en travaillant avec des clichés dans lesquels les plus hautes lumières sont comparativement de faible densité, on doit employer des papiers donnant plus dur, impliquant une échelle de gradation moins étendue, et, dans ces conditions, les qualités tant vantées des négatifs deviennent illusoires.

On a proposé, d'autre part, l'application du diamidophénol acide au développement des plaques autochromes, le bisulfite de soude détruisant le sensibilisateur panchromatique et permettant ainsi de contrôler la venue de l'image en lumière rouge ou verte. Cependant, M. Monpillard a vérifié qu'une autochrome exposée, dont une moitié plongée dans le révélateur normal à la métoquinone donnait une bonne image en 2 minutes et demie, ne montrait, sur l'autre moitié plongée dans le diamidophénol acide, aucune trace d'image, même après deux heures d'immersion.

La conclusion de ces recherches est que, si le révélateur au diamidophénol bisulfité fournit des clichés limpides et vigoureux en cas de surexposition, il demeure manifestement inférieur aux révélateurs alcalins en cas de pose normale. A plus forte raison est-il insuffisant, pour développer des clichés sous-exposés. E. C.

§ 6. — Botanique

Un champignon lumineux, le *Pleurotus japonicus*. — Dans un grand nombre de régions élevées du Japon, on observe en automne une espèce lumineuse et très vénéneuse de champignon hyménomycète, croissant sur les troncs morts du hêtre, et connu communément sous le nom de *tsukiyo-také*, c'est-à-dire le « champignon du clair de lune ». M. S. Kawamura[1], qui vient d'en faire l'étude, a reconnu qu'il s'agit d'une espèce, apparemment nouvelle, du genre *Pleurotus*, et il lui a donné le nom de *Pl. japonicus*. Cet auteur s'est spécialement attaché à l'examen de la lumière émise par ce champignon et il a constaté les faits suivants :

La lumière est émise exclusivement par les lamelles; toutes les autres parties du champignon, y compris les spores, sont obscures. Les lamelles sont uniformément lumineuses sur toute leur étendue; l'hyménium et la trame des lamelles participent à la fois à l'émission. Le jus exprimé des lamelles n'est pas lumineux.

Les températures maximum et minimum de l'émission lumineuse sont respectivement 40° C. et 3-5° C.; la température optimum paraît être de 10 à 15° C.

Dans l'azote, la luminosité commence à baisser au bout de 10 secondes; elle devient très faible après 50 secondes; elle est à peine reconnaissable au bout de 1 min. 20 sec.; enfin, elle devient complètement invisible après 1 min. 40 sec. Dans l'hydrogène, elle commence à s'affaiblir au bout de 10 secondes et devient invisible après 30 minutes. Dans la vapeur d'éther, la lumière devient invisible après 1 min. 50 sec., dans la vapeur de chloroforme, après 55 sec. Si l'on ramène immédiatement le champignon à l'air après la disparition de la luminosité par exposition dans un des gaz précédents, la luminosité reparaît au bout de 20 sec. à 1 min. Une exposition plus prolongée dans le chloroforme la fait disparaître définitivement. L'exposition dans l'oxygène ne fait pas varier la luminosité.

Une surface lumineuse d'environ 100 cm² du champignon donne une lumière suffisante pour distinguer un alphabet en lettres romaines d'environ 8 mm. de diamètre dans l'obscurité. La luminosité peut être perçue distinctement à une distance de 30 m. et plus.

La lumière est blanche, et non verdâtre, bleuâtre ou jaunâtre comme dans le cas de la plupart des autres champignons lumineux. Après une exposition de 7 h. 1/2 ou de 24 heures à la chambre noire, on obtient des photographies très fines de la surface lumineuse du champignon. On obtient également de bonnes épreuves sombres sur fond blanc de feuilles placées entre la surface lumineuse du champignon et une plaque photographique après une exposition de 1 h. 50 min.

1. *Journ. of the College of Science*, t. XXXV, n° 3; 30 déc. 1915.

L'ÉTAT ACTUEL DU PROBLÈME DE L'ATLANTIDE

PREMIÈRE PARTIE

Il y plusieurs années, d'abord à l'occasion de mes études géologiques aux Canaries, puis à la suite d'un voyage dans le Maroc occidental, j'ai dû m'occuper de ce que la Géologie peut nous enseigner sur le mystérieux continent qui gît sous les eaux de la mer Ténébreuse. Depuis lors, j'ai parcouru tout ce qui a été écrit sur ce sujet dans les temps modernes, j'ai compulsé les principaux textes anciens, et je suis arrivé à la conclusion que le problème, s'il n'est pas résolu, peut être aujourd'hui formulé par la Géologie en termes qui en permettent la solution prochaine.

I

Je commencerai par retracer l'historique succinct de la question. Chez différents auteurs de l'Antiquité, on trouve des allusions plus ou moins voilées à l'Atlantide; mais, en général, ou elles méritent peu de foi à cause de leur caractère vague, ou elles constituent des rappels de citations antérieures. Quelques-unes, toutefois, méritent un certain intérêt, comme celle de Marcel, écrivain grec du 1er siècle avant J. C., qui, parlant des « sept îles » (Canaries), dit que ses habitants conservent le souvenir d'une autre île plus grande, l'Atlantide, dont le domaine s'étendait bien au delà des autres terres atlantiques. D'après Théopompe, contemporain de Platon, dix millions d'hommes, habitant un immense continent situé « bien au delà de l'Atlantique », vinrent en Europe et s'étendirent sur les contrées qu'occupaient les races celtiques. Il paraît, enfin, qu'il existe aussi des légendes haïtiennes et mexicaines qui se rapportent à un cataclysme assimilable à l'affaissement de l'Atlantide sous les eaux de l'Océan.

Mais la véritable origine de la légende atlantique réside dans les deux fameux dialogues de Platon. En voici les passages qui nous intéressent.

Dans l'un d'eux, un vieux prêtre de Sais s'adresse à Solon en ces termes : « Votre République (grecque) résista aux efforts d'une grande puissance qui, sortie de la mer Atlantique, avait envahi injustement toute l'Europe et l'Asie, car alors cette mer était guéable.

« Sur ses bords était une île, en face du détroit que vous appelez les Colonnes d'Hercule.

« Cette île était plus étendue que la Libye et l'Asie réunies.

« De là, les voyageurs pouvaient passer à d'autres îles, desquelles on pouvait se rendre dans tout le continent situé à l'opposite et sur les bords de la mer proprement appelée *Pontos*.

« Dans cette île, il y avait des rois dont le pouvoir était très grand et s'étendait sur cette île, et beaucoup d'autres, et des parties de continents. Ces rois régnaient en outre sur tous les pays du côté de la Libye jusqu'en Egypte et du côté de l'Europe jusqu'à la Tyrrhénie...

« Mais, dans les derniers temps, il survint des tremblements de terre et des inondations, et dans l'espace d'un jour et d'une nuit fatale, l'île Atlantide disparut sous la mer. » (*Timée* ou *De la Nature*).

Dans l'autre dialogue, on dit : « ... Il faut nous rappeler avant tout que 9.000 ans ont passé depuis le temps qu'une guerre s'est élevée entre ceux qui demeuraient en deçà des Colonnes d'Hercule et ceux qui vivaient au delà.

« On dit que notre République (la Grèce) avait le commandement sur les premiers et qu'elle dirigea toute la guerre.

« Les autres étaient gouvernés par le roi de l'île Atlantide, dont nous avons déjà dit qu'elle était plus étendue que la Libye et que l'Asie et qui est aujourd'hui un limon impraticable produit par les tremblements de terre ». (*Critias* ou *De l'Atlantide*).

Sur une base aussi frêle que les dialogues précédents, les interprétations ont été fantastiques et variées. A l'un des extrêmes de la série, Humboldt considère ce récit comme tout à fait mythique, attribuant son invention à la tendance des auteurs grecs à exalter leur patrie, qu'ils présentent comme le sauveur du monde oriental dans les âges les plus reculés. A l'extrême opposé de la crédulité, l'Argentin Llerena ne se borne pas à croire à l'Atlantide passée, mais il ne décrit rien moins que celle qui surgira plus tard de l'Atlantique.

Quoique le texte de Platon, dans son dialogue de Timée, soit assez concluant sur l'emplacement du pays des Atlantes, il n'a pas manqué d'auteurs qui l'ont transporté vers des limites beaucoup plus lointaines. Ainsi Rudbeck le situe en Suède et fixe même la position de sa capitale, qui ne serait autre que l'Upsal actuel. Bailly le considère encore plus septentrional, puisqu'il suppose qu'il comprend les terres actuelles du Groenland, de l'Islande, du Spitzberg et de la Nouvelle-Zemble, réunies par un relief sous-marin marqué. Pour notre historien des Indes,

Oviedo, l'Atlantide et l'Amérique sont une même chose.

Bory de Saint-Vincent est le premier qui ait traité la question d'une manière scientifique[1]. Se fondant sur ses études de Géographie et de Sciences naturelles et sur des raisons alors très judicieuses, bien que les progrès scientifiques leur aient fait perdre de valeur, il admet la réalité du récit de Platon. Pour lui, les Canaries sont les antiques Hespérides, le Teyde n'est pas autre chose que le fameux Mont Atlas, et les Guanches, habitants primitifs de ces îles, descendent directement des Atlantes. Tous les groupes d'archipels de l'Atlantique nord : Açores, Madère, Salvajes, Canaries et Cap-Vert, ont formé autrefois, pour Saint-Vincent, un pays fertile compris entre les 12e et 41e degrés de latitude N. Une curieuse carte conjecturale de l'Atlantide, dont l'auteur n'ose pas fixer les limites occidentales, traduit graphiquement ses conclusions.

On peut dire que les opinions de Saint-Vincent firent époque, et il faut arriver à des temps bien postérieurs pour voir se renouveler les points de vue d'où le problème avait été scruté. Entre temps, les études sur l'Atlantide n'ont pas manqué ; mais ce sont exclusivement des interprétations ethnographiques de légendes, travaux de pure fantaisie presque toujours, qui n'ont fait qu'embrouiller la question. Mentionnons-en deux comme exemples.

L'Américain Donnelly[2] croit en une civilisation bien antérieure aux Atlantes, d'où les peuples connus les plus anciens auraient reçu tous leurs enseignements. Pour prouver l'existence de l'Atlantide, il recherche le témoignage de la mer, de la flore et de la faune, croyant rencontrer le récit de la catastrophe qui détruisit cette terre dans les légendes du Déluge communes à l'Ancien et au Nouveau Monde. Il décrit, comme s'il venait de le parcourir, le continent atlantique — avec sa carte — énumère les colonies de cet empire du Mexique à l'Egypte et de l'Irlande à l'Afrique équatoriale, et conclut en demandant que les *escadres oisives* soient employées à essayer de retirer des fonds océaniques les merveilles qui sans doute furent ensevelies avec la fameuse île.

Le Français Berlioux[3] parle avec une assurance non moins admirable de la nation atlante. Pour lui, il n'a pas existé un empire océanique proprement dit, mais le territoire de l'Atlantide s'enracinait dans l'Atlas africain, et la nation qui l'habitait a vécu avec les peuples de l'Attique, de la Tyrrhénie, de l'Egypte et de la Phénicie jusqu'aux siècles proches de notre ère. De l'Atlas ce peuple combattif — qui à la fin fut détruit par la guerre — s'irradia non seulement dans tout le monde alors connu, mais encore en Amérique, où le conduisait une voie maritime, celle des alisés, qui, passant par les Iles Fortunées, se terminait sur les côtes mexicaines.

Quelques années après, le géographe italien Borsari[1] sapait par une critique raisonnée les interprétations fantaisistes et revenait à l'étude scientifique du sujet.

Il recueille les opinions des géologues espagnols sur l'ancienne extension de notre péninsule, ainsi que l'opinion de Verneau sur les Canaries, d'après lequel ces îles, loin de représenter des terres affaissées, sont le résultat du soulèvement de strates submergées sous la mer. Il considère l'analogie des faunes et des flores tertiaires de l'Amérique et de l'Europe et profite des conséquences tirées par W. Kobelt de l'étude des faunes des îles atlantiques. De l'ensemble, il déduit l'existence indubitable d'une Atlantide mésozoïque et d'une communication terrestre entre l'Europe et l'Amérique pendant l'ère tertiaire; mais, jusqu'à présent, il est impossible de prouver que la terre atlantique discutée a existé au Quaternaire et encore moins à l'époque préhistorique et historique.

La brève étude de Borsari résume magistralement ce qu'on pouvait dire alors sur ce sujet, et c'est une étape de laquelle il convient de partir pour apprécier les travaux postérieurs qui ont remis sur le tapis le problème de l'Atlantide[2].

1. Bory de Saint-Vincent : Essais sur les Iles Fortunées et l'antique Atlantide. Paris, Baudouin, germinal an IX.
2. J. Donnelly : The antediluvian World. New-York, 1882.
3. E. F. Berlioux : Les Atlantes. Histoire de l'Atlantis et de l'Atlas primitif. Paris, E. Leroux, 1883.

1. F. Borsari : L'Atlantide. Saggio di Geographia preistorica. « La Rinascenza », Naples, 1889.

2. Quelques auteurs espagnols avaient également abordé le problème à cette époque. Pour P. de Novo y Colson (Ultima teoria sobre la Atlantida. *Bol. de la R. Soc. Geografica de Madrid*, t. VII ; 1879), l'Atlantide serait le banc aujourd'hui submergé qui supporte les Açores, de dimensions comparables à la Péninsule ibérique, abimé par un tremblement de terre qui commença aux Canaries, les séparant de l'Afrique, et se fit sentir également en Amérique, où la légende de la catastrophe a laissé quelques traces. L'Atlantide aurait été peuplée par des êtres venant d'Amérique, conduits par le Gulf Stream, qui les aurait empêchés de revenir. — F. de Botella, dans ses « Apuntes paleograficos » (*Bol. de la R. Soc. Geografica de Madrid*, t. XV; 1884), conclut, en s'appuyant sur des arguments intéressants qui n'ont rien perdu de leur valeur, que la disparition de l'Atlantide a dû avoir lieu vers le Quaternaire moyen. — Enfin D. Salvador Calderon, le géologue qui s'est le plus occupé de l'étude des Canaries, a considéré dans plusieurs de ses travaux le problème des terres atlantiques préhistoriques (*Anales de la Soc. esp. de Historia natural*, t. IV: 1875; *Actas...*, t. XIII; 1884). De même que Botella, il a toujours défendu les points de vue les plus actuels par de solides raisons d'ordre géologique, qui demeurent. — Le problème a donc intéressé aussi les Espagnols, et leurs opinions ont toujours compté parmi les plus discrètes et les mieux documentées.

II

Passant à l'étude de l'état actuel de la question, nous commencerons par examiner les enseignements de la Zoologie et de la Botanique.

Il ne paraît pas douteux que les continents aujourd'hui séparés par l'Atlantique furent réunis aux âges les plus anciens de l'histoire de notre planète, et que c'est seulement à une époque récente, géologiquement parlant, qu'ont dû s'effondrer sous les eaux les ponts qui se tendaient entre l'Ancien et le Nouveau Monde.

Robert F. Scharff, étudiant comparativement les faunes terrestres européennes et américaines et leurs relations avec celles des périodes géologiques antérieures, a conclu que la connexion entre l'Amérique du Sud et l'Afrique est anté-tertiaire, tandis que la communication terrestre entre l'Europe et l'Amérique du Nord est indubitablement tertiaire. Cette communication devait exister aussi bien entre les Antilles et la région méditerranéenne qu'entre le Canada et l'Europe baltique. Il pense que certaines espèces autochtones du Groenland, comme l'*Helix hortentis*, se sont répandues alors en Europe d'une part, en Amérique de l'autre.

Presque tous les zoologistes qui se sont occupés plus spécialement de la distribution géographique des espèces et de leurs corrélations génétiques avec les faunes disparues ont abondé, depuis, dans les idées de Scharff. Mais personne n'est arrivé à des conclusions aussi précises que Germain, dont le dernier travail[1], résumé et application de toutes les connaissances zoogéographiques au problème qui nous occupe, mérite d'être analysé avec quelques détails.

Examinant les faunes des îles atlantiques en général, il observe dès l'abord deux groupes parfaitement distincts : d'une part, les îles du golfe de Guinée, de caractère africain équatorial, et de l'autre les archipels de l'Atlantique nord, sans connexion faunique quelconque avec l'Afrique tropicale. Le caractère de ces derniers leur est donné par la faune terrestre, car la faune potamique ou d'eau douce est très rare et d'introduction récente. La faune terrestre, au contraire, est presque totalement autochtone, d'aspect continental et sans différences notables d'un archipel à l'autre, quoique les espèces exclusives et donc caractéristiques ne manquent pas, surtout aux Canaries. Les affinités de cette faune avec la faune circum-méditerranéenne sont très grandes ; elle en a aussi, quoique à un moindre degré, avec les faunes des Antilles et de l'Amérique centrale.

1. Louis Germain : Le problème de l'Atlantide et la Zoologie. *Ann. de Géographie*, n° 123 ; mai 1913.

Germain confirme ces relations en étudiant successivement chacun des groupes d'animaux terrestres. Nous ne le suivrons pas en détail, et nous nous bornerons à citer quelques exemples. Les Lépidoptères de ces îles comptent 70 °/₀ d'espèces méditerranéennes et 20 °/₀ d'espèces américaines ; il reste à peine 10 °/₀ d'espèces propres. Le genre *Nonalhiera*, hémiptère particulier aux Canaries, a ses affinités d'une part en Algérie (*Marmothania*), d'autre part au Guatemala (*Sisammes*). Chez les Coléoptères des îles atlantiques prédominent les espèces nord-africaines et circum-méditerranéennes, mêlées à des types américains assez nombreux. Mais on observe l'absence des genres *Carabus* et *Lampyris*, si abondants en Europe, ce que l'auteur prétend expliquer par le fait que ces genres sont d'autant moins fréquents qu'ils sont plus à l'Ouest dans la région considérée : ainsi, sur les 153 espèces du premier, 17 seulement habitent l'Espagne, 8 le Portugal et 2 le Maroc[1]. On peut dire quelque chose d'analogue des autres groupes d'Insectes, des Vers de terre, des Arachnides, des Isopodes et des Mollusques terrestres, spécialement du genre *Helix*.

Les considérations d'ordre paléontologique font apparaître la faune malacologique de ces archipels comme une survivance de la faune tertiaire de l'Europe centro-occidentale. Dans cet ordre d'idées, Germain signale comme un fait notable la survivance aux Canaries et aux Açores d'une fougère, l'*Adiantum reniforme*, propre au Pliocène du Portugal. Des connexions plus modernes sont décelées par l'existence de la *Rumina decollata*, si caractéristique de la faune méditerranéenne, dans les dépôts quaternaires des Iles du Cap-Vert. Et enfin il faut considérer comme très significative l'existence, tout le long de la côte atlantique marocaine, de dépôts quaternaires à *Helix Gruveli*, mollusque très analogue aux espèces vivantes des Canaries. Récemment notre malheureux géologue Font y Sagué a trouvé à Fuerteventura quelques dépôts de ce genre, qui peuvent faire supposer une connexion terrestre très moderne entre l'Afrique et les Canaries.

Quelques données zoogéographiques paraissent confirmer, dans l'opinion de Germain, la

1. Quant aux Coléoptères, nous pouvons affirmer, sur l'autorité de nos entomologistes, qui connaissent parfaitement la faune canarienne, que les données de Germain sont inexactes. Les espèces de *Carabus* qui habitent la Péninsule sont au nombre de 33, avec un grand nombre de races, de formes et de variétés. Ce genre n'est pas absent aux Canaries : on y connaît trois espèces, dont deux à Ténérife (*C. faustus* Brullé et *C. interruptus* Latr.), et une spéciale à la Grande Canarie (*C. coarctatus* Brullé). Au Maroc, encore si peu exploré au point de vue entomologique, on connaît jusqu'à présent sept espèces du genre *Carabus*, et non deux comme le dit Germain.

déduction précédente. Telle est principalement la répartition des *Oleacinidæ* (Mollusques Pulmonés), qui ne vivent plus que dans l'Amérique centrale, les Antilles, les archipels atlantiques et le bassin méditerranéen ; en Amérique, comme dans la faune miocène de l'Europe méridionale, ils sont représentés par des formes de grande taille, tandis que, dans les archipels et la région méditerranéenne, ils sont de dimensions modestes. Les *Polixenus* (Myriapodes nocturnes) n'habitent plus que l'Europe méridionale, le nord de l'Afrique, les Antilles, le Guatemala et une partie de l'Amérique du Sud. Des cinq espèces connues du genre *Brachysteles* (Hémiptère), deux sont européennes, deux se trouvent à Madère et une aux Antilles. Des faits très analogues s'observent dans la distribution des *Clausilidæ* (Mollusques terrestres), des *Gekonidæ* (Reptiles), etc.., ainsi que de quelques Fougères et de l'ensemble de la flore.

Citons enfin, avec Germain, et comme très significatives, certaines analogies entre les faunes carcinologiques littorales américaine et africaine, l'existence de 15 Mollusques marins communs aux Antilles et au Sénégal (sans qu'on puisse invoquer le transport des embryons, qui n'arriveraient pas vivants après un trajet aussi étendu), et surtout des Madréporaires de San Thomé étudiés par Gravier et connus seulement, en dehors de cette localité, en Floride et aux Bermudes.

Louis Germain, dans son grand travail, a épuisé tout ce que peuvent fournir les documents biologiques aujourd'hui connus, particulièrement ceux qui se rapportent au règne animal. De leur analyse, il se croit autorisé à conclure que les archipels atlantiques furent autrefois soudés en un continent qui s'unissait au Portugal et au Maroc et qui était limité au Sud par une côte orientée du SE au NW entre le Cap-Vert et le Venezuela. La portion méridionale de cette terre prolongeait la bande désertique africaine, tandis que par le Nord se continuait la zone montagneuse sud-européenne.

L'effondrement de l'Atlantide a été indubitablement postérieur à celui du continent africano-brésilien, qui occupait l'emplacement actuel de l'Atlantique méridional. Voici quel a dû être le processus du phénomène :

Formation primaire de la fosse américaine, jalonnée à l'Ouest par la Floride, les Bahamas et les Antilles ; il y avait déjà alors une communication maritime entre les Antilles et la côte occidentale d'Afrique, au sud du Cap-Vert.

Plus tard, le continent se disloqua, laissant subsister une immense plate-forme divisée en fragments, îles étendues dans lesquelles la faune et la flore évoluèrent avec une certaine indépendance.

Puis, à une époque plus récente, mais impossible à préciser, la masse continentale se disloqua complètement pour donner naissance aux groupes d'îles actuels.

Et Germain conclut par ces paroles : « La séparation de cet archipel (du continent), que Louis Gentil considérait comme pliocène supérieure ou quaternaire, est certainement plus récente, ainsi que le prouve l'existence simultanée des dépôts à *Helix Gruveli* en Maurétanie et aux Iles Canaries. Elle doit se placer au voisinage du Néolithique. » C'est à cette époque que remonterait la tradition de l'Atlantide.

Laissons de côté pour le moment les considérations d'ordre géologique alléguées par Germain, qui ne sont pas originales et dont nous tiendrons compte plus loin, et faisons ressortir la conclusion de l'auteur que la convulsion finale du continent atlantique a dû se produire à la fin de la période préhistorique, tout au moins à une époque assez récente pour que la relation orale d'un si grand événement ait pu parvenir aux premières périodes de l'Histoire.

Malgré la documentation sincère et copieuse du travail de Germain, les raisons qu'il invoque sont loin d'avoir la force qu'il leur attribue. Quelques-unes même sont contraires à l'objet de sa démonstration : ainsi l'existence de la faunule de Coralliaires de San Thomé, qui, pour être probante, devrait comporter quelque représentant intermédiaire, surtout dans l'Archipel du Cap-Vert, car il serait tout à fait extraordinaire qu'elle ne se fût conservée qu'aux points extrêmes de son aire de dispersion. En effet, les larves de ces animaux ne vivant pas plus de 2 ou 3 jours, leur transport n'a pu être effectué par les courants directement d'un point à un autre ; si donc la dissémination s'est effectuée par étapes le long d'une côte — la côte méridionale de l'Atlantide — comment se fait-il qu'aucun représentant de la faunule ne se soit conservé sur les restes de cette côte, en particulier au Cap-Vert et aux Canaries ? J'avoue sincèrement qu'il y a là un phénomène zoogéographique inexplicable avec les données actuelles [1].

Quant à la valeur des particularités de distribution de certains groupes actuels isolés, comme les Oléacinidés ou les Clausilidés, par exemple, si elles nous permettent bien d'affirmer une connexion ancienne entre le Vieux et le Nouveau

1. Il ne faut pas oublier, d'autre part, que San Thomé se trouve sur l'équateur, à 15° au sud du Cap-Vert, tandis que les Bermudes sont situées par 32° de latitude septentrionale.

Monde, elles ne nous autorisent aucunement à fixer une date post-tertiaire à l'interruption de cette connexion. Qu'on n'oublie pas que la valeur stratigraphique des Mollusques terrestres est très discutable.

Le fameux *Adiantum reniforme* des Canaries n'est que pliocène, c'est-à-dire toujours tertiaire, au Portugal. Rien ne s'oppose à ce que, de même qu'il a persisté jusqu'à aujourd'hui dans l'archipel, il ait pu s'y maintenir depuis des époques antérieures, tout en disparaissant sur le continent, pour des raisons climatologiques ou d'un autre ordre à un moment donné, qui n'est pas forcément celui de la séparation des deux terres. On pourrait en dire autant de l'existence de la *Rumina decollata* dans les gisements quaternaires des îles du Cap-Vert.

La rencontre à Fuerteventura et sur la côte maurétanienne de dépôts quaternaires identiques à *Helix Gruveli* constitue un fait plus décisif, quoiqu'il n'indique en aucune façon la connexion des Canaries avec le continent jusqu'au Néolithique, mais seulement jusqu'au Quaternaire. La réalité du phénomène mériterait d'être confirmée par une exploration prolongée, qui permettrait d'étudier en détail la composition et la situation de ces dépôts et de les comparer avec ceux de la côte frontière. Le séjour du P. Font aux Canaries orientales n'a été que passager, et le problème est assez important et difficile à résoudre pour mériter une plus grande attention.

III

Tandis que le travail précédent de Germain est celui qui peut servir de guide pour les données zoologiques, au point de vue botanique ce sont les études de Proust et Pitard sur la flore des Canaries qui ont apporté le plus de documents à la solution de notre problème[1]. Lemoine, dans une note publiée sur ce dernier travail, arrive aux mêmes conclusions[2]. Voyons donc brièvement quelles sont ces conclusions et comment raisonnent leurs partisans :

La flore canarienne est constituée par 1.352 espèces connues, appartenant à 512 genres. Parmi ces plantes, 468 (soit environ un tiers) sont endémiques, 534 (ou à peu près les deux cinquièmes) sont méditerranéennes, et le reste, soit 350 espèces, ubiquistes. Ajoutons que quelques-unes des plantes qui vivent actuellement aux Canaries disparurent d'Europe à l'époque tertiaire.

L'endémisme extraordinaire de cette flore, représenté par un tiers des espèces et un douzième des genres, lui donne un caractère d'antiquité notable; les plantes endémiques de Madère ne comptent que pour un septième, celles des Açores pour un dixième et celles du Cap-Vert pour un vingt-cinquième. Dans l'hypothèse d'une terre commune dont tous ces archipels auraient formé une partie, la région la plus ancienne de ce continent devrait correspondre aux Canaries, dont l'insularité est précisément la plus moderne, comme paraît l'indiquer la Zoologie et le démontre indubitablement la Géologie. D'autre part, la richesse de la flore canarienne et surtout la proportion élevée des espèces par rapport aux genres (2,6 : 1) lui confèrent un caractère continental marqué.

La conséquence que Pitard et Proust tirent de ces caractères est que, sans doute, il a existé... « un vaste continent qui, ayant subi depuis la fin des temps secondaires toutes les vicissitudes des terres déjà émergées, a pu se recouvrir depuis son apparition de Phanérogames spéciaux et s'adjoindre dans son passage vers un climat plus doux les types plus récents du Pliocène et du Pléistocène de l'Europe ». Je confesse ne pas saisir très bien ce raisonnement. Je ne sais pourquoi il faudrait dater l'origine du continent disparu « de la fin des temps secondaires », lorsque l'union du Vieux au Nouveau-Monde remonte sans doute aux époques sédimentaires les plus anciennes. Je ne vois pas non plus de raison, puisque les espèces disparues de l'Europe et conservées aux Canaries sont du Tertiaire, pour supposer qu'au Pléistocène encore les plantes européennes purent émigrer vers les régions plus méridionales du continent atlantique.

Laissant donc de côté ces déductions non fondées, d'après lesquelles la séparation des mondes atlantique et africano-européen se serait réalisée depuis le Pléistocène, c'est-à-dire à l'époque au moins préhistorique, nous retiendrons comme caractéristiques non douteuses de la flore canarienne son antiquité et son aspect continental. Il nous semble que les considérations d'ordre botanique, comme celles d'ordre zoologique, ne permettent pas de fixer une date au moins approximative ni pour la disparition du continent atlantique, ni pour la séparation des archipels qui pourraient en représenter les restes.

Dans une seconde partie, nous examinerons le problème de l'Atlantide aux points de vue bathymétrique et géologique[1].

Lucas Fernandez Navarro,
Professeur à l'Université de Madrid.

1. Pitard et Proust : Les Iles Canaries. Flore de l'Archipel. Paris, Klincksieck, 1908.
2. Paul Lemoine : La flore des Iles Canaries et la théorie de l'Atlantide. *La Géographie*, t. XX, n° 1 (1909).

1. Conférence prononcée le 3 avril 1916 devant la Société Royale de Géographie de Madrid, traduite de l'espagnol par M. Louis Brunet.

LES GRANDES INDUSTRIES CHIMIQUES ORGANIQUES APRÈS LA GUERRE[1]

L'un des facteurs importants de la richesse d'un pays est sans contredit le développement de l'Industrie, et l'on peut dire que, dans le domaine chimique, il s'est accompli dans ces vingt dernières années une véritable révolution au point de vue commercial. La fabrication de l'acide azotique à partir de l'air permet de penser que l'on pourra envisager un jour avec confiance la disparition des nitrates du Chili. La synthèse industrielle de l'anhydride sulfurique par le procédé de contact laisse prévoir la disparition des chambres de plomb. La fabrication de l'alizarine a permis de rendre à l'agriculture d'énormes espaces de terrains qui étaient pris autrefois par la culture de la garance. La synthèse de l'indigo a fait diminuer dans de notables proportions l'importation des indigos impurs naturels.

Les perfectionnements apportés dans le domaine de l'Électrochimie ont permis de produire des corps que l'on ne savait préparer que très difficilement. En même temps, il en résultait une diminution dans les frais de production des divers produits fabriqués. L'aluminium, qui valait 1.250 francs le kilog en 1855, tombait à 19 fr. en 1890 et à 2 fr. 75 en 1898. La vanilline synthétique a subi des variations de prix importantes, au fur et à mesure que l'on perfectionnait les méthodes d'obtention. De 8.750 francs le kilog en 1876, elle est tombée successivement à 1.125 fr. en 1884, à 157 francs en 1898, pour atteindre 50 à 55 francs en 1908. Des variations de même nature, qu'il serait trop long d'énumérer ici, ont été constatées pour la plupart des produits, au fur et à mesure des perfectionnements apportés dans leur fabrication.

On sait que l'un des éléments importants de la prospérité économique de l'Allemagne est constitué par l'énorme développement de son industrie chimique.

En France, c'est surtout dans le domaine de la grosse industrie inorganique que nous avons pris un avantage qui devenait tous les jours plus prépondérant. Dans la fabrication des engrais chimiques, nous pouvons lutter avec tous les autres pays. La production de l'acide sulfurique dépasse annuellement un million de tonnes. Celle de la soude atteint plus de 300.000 tonnes. Pour beaucoup de produits, nous pouvons satisfaire à tous nos besoins; en revanche, il en existe certains dont la fabrication est nulle ou trop faible.

Dans le domaine organique, nous sommes dans un état d'infériorité manifeste, malgré les efforts que certaines usines françaises n'ont pas cessé de faire depuis trente ans. Et, cependant, il faut dire à notre honneur que la grande majorité des découvertes chimiques qui ont ensuite passé dans l'industrie sont d'origine française.

Pour les matières colorantes par exemple, si l'on excepte la découverte de la mauvéine faite par Henri Perkin de Londres en 1856, c'est aux frères Renard, de Lyon, que revient la découverte du rouge d'aniline, de la fuchsine, qui furent suivis de près par la création, en France, du bleu de Lyon, du violet de Paris, du bleu de diphénylamine.

C'est Vidal qui obtint en 1896 le premier noir au soufre, que fabriqua l'usine de Saint-Denis.

Dans l'industrie des parfums, nous avons été les premiers créateurs des produits les plus purs et les plus réputés extraits des fleurs que le Midi voit éclore. Le premier brevet relatif à la fabrication de la vanilline est d'un Français : de Laire. Au point de vue pharmaceutique, les noms de Pelletier, Caventou, Robiquet, Laurent, Dumas, etc., sont liés à la découverte des alcaloïdes.

Nous avons été les grands créateurs. Malgré cela, nous n'avons pas su conserver la prédominance au point de vue industriel. Dans ces trois branches de l'industrie chimique, on sait quelle a été la prépondérance prise par les Allemands, et tout le monde connaît les progrès réalisés par les maisons Badische Anilin und Soda Fabrik, Bayer, Meister Lucius, etc..., dans l'industrie des colorants, par la maison Schimmel au point de vue des parfums, et par les maisons Bayer et Merck dans le domaine pharmaceutique.

Cette prépondérance, qui a rendu le monde entier presque complètement tributaire de ces grandes firmes, est due à plusieurs causes. La première, qui nous paraît être la plus importante, est bien connue de tous ceux qui ont suivi les progrès de la science chimique dans ces vingt-cinq dernières années. Elle réside dans la lutte qui s'est poursuivie en France, pendant de nombreuses années, entre les partisans de la théorie atomique et ceux de la théorie équivalentaire. Celle-ci, soutenue par des savants éminents, a

1. Cet article a été rédigé en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* Voir les précédentes réponses dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars 1916. (N. DE LA RÉD.)

fait écarter complètement de l'enseignement la doctrine atomique, qui devait bouleverser complètement la Chimie moderne. Tandis que Würtz et Gerhard s'épuisaient en efforts presque désespérés pour l'introduire dans l'enseignement français et que leur ferveur d'apôtre n'était suivie que par quelques rares élèves, cette doctrine était acceptée, au contraire, avec enthousiasme en Allemagne, et développée d'une manière grandiose par les remarquables travaux de Kékulé, de Graebe et Liebermann, de Bayer, etc. Et dans ce pays, où l'esprit de ténacité et de méthode commençait à se faire jour, cette théorie nouvelle permit de réaliser des prodiges dans l'industrie des matières colorantes qui naissait à peine.

Une seconde raison du développement extraordinaire qu'a pris en Allemagne l'industrie chimique réside sans nul doute dans la volonté de poursuivre les essais de fabrication de corps qui paraissaient capables de supplanter des industries anciennes. L'on sait avec quelle indomptable énergie la Badische Anilin a conduit les essais de fabrication de l'anhydride sulfurique et de l'indigo synthétique. Après de nombreux déboires, un travail de plus de cinq années et une dépense d'environ sept millions, elle créait l'industrie de l'anhydride sulfurique par contact. La synthèse de l'indigo n'a pas coûté moins de 25 millions et un travail de dix années. Pour arriver à un pareil résultat, il faut des capitaux énormes. Il est certain que les Sociétés françaises, dont le capital est souvent assez faible, sont mal préparées pour entreprendre de semblables recherches.

Enfin, c'est le nombreux personnel de chimistes qui a permis à l'industrie allemande de progresser. En dehors des Facultés, leurs écoles techniques fournissaient tous les ans à l'industrie plusieurs milliers de jeunes gens versés dans les questions de technologie industrielle. M. Léo Vignon a indiqué, dans un rapport assez récent, que, proportionnellement à la population du pays, la Suisse possède 300 chimistes, la France 7, l'Angleterre 6, et l'Allemagne 250. Certaines usines possèdent par exemple, pour la recherche des colorants, un nombre de chimistes dépassant 160 et 200.

Pour ces différentes causes, et je passe sous silence l'apprentissage professionnel si développé en Allemagne, et qui n'existe pas en France[1], il est résulté que, si notre pays a été au début le grand initiateur dans l'industrie chimique, il a été devancé par l'Allemagne avec une rapidité si foudroyante, que l'on peut se demander s'il est possible, devant les résultats déjà acquis, de lui disputer sa suprématie.

Nous allons essayer d'examiner cependant dans quelles conditions il sera possible de lutter, après la guerre, contre l'invasion chimique allemande au triple point de vue de la fabrication des matières colorantes, des parfums et des produits pharmaceutiques.

Pour se rendre un compte à peu près exact de ce qu'il est possible d'entreprendre dans ces trois domaines, il est nécessaire d'exposer assez brièvement l'état de l'industrie allemande.

I

On sait que l'industrie des colorants artificiels est née de l'industrie de la distillation de la houille en vue de la production du coke et du gaz d'éclairage. La rectification soignée du goudron de houille conduit à des produits qui constituent les matières premières importantes d'où sont sortis tous les colorants artificiels.

La distillation du goudron fournit quatre sortes de produits : 1° des huiles légères, distillant de 50° à 180°, d'où l'on peut isoler par fractionnement, en outre du pentane, hexane, heptane, etc., de la pyridine et des hydrocarbures aromatiques : benzène, toluène, xylènes, propylbenzène, cymènes, etc ; 2° des huiles moyennes, passant entre 180° et 250°, contenant surtout du phénol, des crésols et de la naphtaline ; 3° des huiles lourdes dites anthracéniques, pouvant aller de 250° à 400°, renfermant, en outre de l'anthracène, du phénanthrène, du rétène, de l'acénaphtène, etc ; 4° un résidu, le brai, que l'on qualifie de gras ou sec, suivant que l'enlèvement des huiles lourdes a été poussé plus ou moins loin.

Ce sont ces produits purs, retirés du goudron de houille, que l'on emploie pour la fabrication des matières colorantes. Si le benzène constitue la portion prédominante des huiles légères, le toluène y existe en quantité trois fois moindre que le benzène, et les xylènes en proportion encore plus faible. C'est grâce au développement énorme de l'industrie métallurgique allemande qu'il a été possible d'arriver à produire la quantité de goudron nécessaire à l'obtention des hydrocarbures aromatiques et des composés cycliques indispensables à la fabrication des colorants artificiels et des explosifs. La distillation de la houille en vue de la production industrielle du coke métallurgique fournit annuellement en Allemagne un million de tonnes de goudrons, représentant plus de 20.000 tonnes de benzol ; à ce goudron vient s'ajouter celui des usines à gaz

1. Voir E. Bertrand : L'apprentissage professionnel. *Revue gén. des Sc.* du 15 mars 1916.

dont on peut connaître très difficilement la quantité. Dans tous les cas, on admet qu'en 1913 l'Allemagne produisait à elle seule plus de 100.000 tonnes de benzol, et l'Angleterre, qui la suivait de très près, atteignait le chiffre de 80.000 tonnes. La quantité de phénol et crésols que l'on retire de ces goudrons dépassait 130.000 tonnes par an. La surproduction de ces derniers était telle que l'Allemagne les livrait à 50 francs la tonne avant la guerre.

On sait que la nitration du benzène et du toluène conduit au nitrobenzène et aux nitrotoluènes ortho et para, dont la réduction fournit l'aniline et les ortho et paratoluidines, qui constituent la première étape de la fabrication de la grande variété de colorants dont le nombre s'est accru de jour en jour et qui, au début, excitèrent une grande curiosité et un fort intérêt à cause de leur beauté.

Le phénol et les crésols sont employés comme matières premières dans la fabrication de certains colorants, mais leur importance à ce point de vue est tout à fait secondaire. Si le trinitrophénol ou acide picrique, un des plus anciens colorants artificiels, a servi pendant un certain temps à teindre la laine et la soie en jaune, il a été complètement abandonné en raison du peu de solidité de ses teintures au lavage et à la lumière. L'orangé Victoria est un mélange de dinitrocrésols ortho et para. Les colorants de l'aurine, de la phtaléine, qui sont formés à partir des phénols ou des polyphénols, possèdent quelques applications. Par contre, nous verrons que les phénols sont utilisés en pharmacie et comme matières premières de certains parfums.

La naphtaline, qui constitue l'hydrocarbure le plus abondant du goudron de houille (100 kg. de goudron en renferment 6 à 7 kg), est une matière première importante dans la fabrication d'un colorant synthétique de grande valeur, l'indigo. En outre, les naphtols et les naphtylamines, qui en dérivent, sont préparés en grande quantité pour l'obtention d'un grand nombre de colorants. Il en est de même de l'anthracène, qui constitue environ les 30 % des huiles lourdes et dont la purification se fait aisément aujourd'hui à l'aide de la pyridine que l'on retire des huiles légères. Tandis qu'avec l'essence de pétrole, la benzine ou l'alcool, on n'obtient à partir des huiles lourdes qu'un anthracène titrant 50 %, en employant la pyridine comme dissolvant des autres hydrocarbures qui accompagnent l'anthracène, on arrive à un produit à 82 %. Or, si l'on songe à la nécessité dans laquelle on se trouve d'obtenir de l'anthracène pur, pour la fabrication de certains colorants d'alizarine, on voit tout de suite l'importance que présente l'extraction de la pyridine des huiles légères de goudron. Les usines allemandes la récupèrent simplement en la déplaçant par l'ammoniaque des produits provenant du traitement des huiles légères de goudron par l'acide sulfurique.

Tous les produits que nous venons d'énumérer sont obtenus en Allemagne dans un très grand état de pureté, et permettent d'atteindre une quantité innombrable de colorants. Le groupe le plus important et le plus riche des couleurs dérivées du goudron de houille est sans contredit celui des colorants azoïques. Griess découvrit en 1864 qu'en traitant une amine aromatique quelconque par l'acide azoteux, on obtient un composé diazoïque qui, en se copulant avec une amine, fournit un colorant. Six ans plus tard, Kékulé reconnut que les phénols réagissent sur les diazoïques à la manière des amines. C'est sur ces deux découvertes importantes que s'est érigé l'édifice immense de la chimie des colorants azoïques, à laquelle appartient la majeure partie des colorants substantifs pour coton.

En 1861, on lança sur le marché le premier colorant azoïque, l'amidoazobenzène, que l'on emploie encore aujourd'hui pour colorer le beurre, les graisses, les huiles, etc. Puis apparurent toute une série de colorants destinés à la teinture de la laine. En 1884, s'opéra une véritable révolution dans la teinture du coton. On découvrit le rouge Congo, qui possédait la propriété importante de teindre d'une façon intense le coton non mordancé. En poursuivant l'étude des réactions fondamentales de la préparation de ce nouveau colorant, on trouva que, d'une façon générale, les diamines qui ont leurs groupes amidés en para permettent d'obtenir des colorants teignant directement le coton non mordancé. La benzidine et son homologue la dianisidine, la paraphénylènediamine, etc., furent les matières premières qui permirent de jeter sur le marché une véritable avalanche de colorants substantifs pour coton. Les maisons allemandes se lancèrent dans cette nouvelle voie et l'on vit apparaître en peu d'années, sous le titre générique de colorants directs ou substantifs : les colorants benzidine (Bayer), les colorants diamines (Cassella), les colorants Congo et Zambèze (Actien Gesellschaft), les colorants oxamines (Badische). Toutes ces maisons lancèrent, sous des noms divers, des colorants jaunes, rouges, violets, bleus, verts, bruns. La maison Bayer, qui marcha à la tête du progrès, fit les benzo et delta-purpurines, les marques de benzo-écarlates solides. En 1888, elle créa le premier orangé substantif le benzo-

orange, puis les benzo-bleus, benzo-cyanines, les noirs bleus, les noirs Pluton, les noirs et les bleus katigènes, etc. Il faudrait de nombreuses colonnes pour énumérer les colorants créés et utilisés industriellement. Dans les bruns seulement, qui ont remplacé le cachou, une seule maison allemande a lancé 135 produits.

Les colorants azoïques, qui sont les plus variés et les plus nombreux, ne sont pas les seuls pour lesquels la concurrence se soit établie entre les différentes maisons. Toutefois, le nombre de colorants créés est beaucoup moins important. En outre, le prix de revient des couleurs azoïques est peu élevé ; certaines valent deux francs le kilogramme. D'autre part, la facilité avec laquelle elles peuvent être fabriquées leur a donné immédiatement une vogue que les colorants des autres groupes ont atteint difficilement.

Les couleurs du triphénylméthane, dont la fuchsine est le type, ont été créées d'abord en France, puis industrialisées dans ce pays et en Angleterre. Hoffmann en fit ensuite une étude très étendue et créa les violets méthyle. Puis Lauth trouva un procédé simple de préparation qui fut exploité par l'usine Poirrier, de Saint-Denis. Egalement, les dérivés phénylés de la fuchsine ou colorants pour bleu, furent préparés pour la première fois par Girard et de Laire, et leur fabrication fut entreprise simultanément à Lyon et à Londres. L'Allemagne prépara par la suite ces colorants en quantités importantes et l'on créa dans ce pays les dérivés oxhydrilés : aurine, benzaurine, violet d'anthracène, etc. Les phtaléines, découvertes en 1871 par Baeyer, ne virent le jour industriellement qu'en 1874 avec l'éosine brevetée par la Badische. Cette classe de colorants peu nombreux s'est accrue dans la suite des magnifiques corps découverts par Nœlting : phloxines, rose bengale, qui se distinguent des couleurs de cette famille par leurs nuances bleuâtres d'un rouge rose de toute beauté. Les rhodamines, violamines, anisoline, etc., ont été créées par la Badische.

Les recherches effectuées dans la série de l'anthraquinone à la suite de la synthèse de Graebe et Liebermann n'ont produit pendant vingt ans qu'un nombre très restreint de matières colorantes de ce groupe : alizarine, purpurine, nitroalizarine, bleu d'alizarine, etc., qui ont une très grande valeur technique pour la teinture et l'impression et ont fait naître une industrie très importante. Puis, tout d'un coup, la chimie des couleurs de ce groupe prit un grand essor et on créa les dérivés polyoxyanthraquinoniques : bordeaux d'alizarine, alizarine cyanine, bleu et vert d'alizarine, etc., et des colorants qui, à l'inverse des précédents, pouvaient être appliqués sans aucun mordant, teignant la laine sur cuve à la façon de l'indigo, en donnant des teintes très variées, incomparablement plus solides. C'est par milliers que ces derniers ont été préparés. Ils ont été lancés sous des noms divers, dont les plus connus sont le bleu algol, l'orange algol, le bordeaux et le rouge algol, le rouge indanthrène, etc.

Moins nombreux sont les colorants de la quinone-imide : indamines, indophénols, thiazine, oxazines, oxazones, safranines, indulines, etc. ; mais, dans chacun de ces groupes, il existe plusieurs colorants ayant reçu des applications industrielles. Citons, en outre, pour mémoire, le noir d'aniline, les colorants du thiazol et l'indigo synthétique.

Enfin, l'apparition du noir Vidal en 1895, qui fut fabriqué à l'usine Poirrier pour la première fois, suscita les recherches des manufactures allemandes qui appliquèrent la réaction de Vidal à un grand nombre de composés organiques. En très peu de temps, elles inondèrent le monde de ces produits nouveaux, qui possèdent la propriété de teindre directement les fibres végétales. Chaque maison leur donna un nom spécial. Et l'on vit apparaître successivement ou simultanément les couleurs immédiates, les colorants thiogène, katigène, kryogène, les couleurs au soufre, les couleurs thione, thioxine, pyrogène, éclipse. Tous ces colorants se préparent en chauffant les substances organiques les plus variées avec du soufre, ou avec un mélange de sulfures alcalins et de soufre.

On voit, par cet aperçu assez succinct, le nombre formidable de produits qui ont été jetés sur le marché par les différentes maisons allemandes. Lorsqu'un colorant nouveau paraissait intéressant, chacune d'entre elles essayait de tourner la réaction qui le produisait, et de cette émulation, de cette concurrence, sont nées ces innombrables couleurs qui, sous des noms différents, constituent le plus souvent des produits à peu près identiques. Les couleurs diamines et les colorants sulfurés sont deux exemples manifestes de cette lutte qui se livrait entre les différentes firmes. Pour certains groupes de colorants, comme ceux de l'anthraquinone, de la naphtaline, elles ont établi un véritable monopole.

On comprend que, pour atteindre un pareil résultat, il ait fallu des capitaux énormes. Ceux de la Badische, des maisons Bayer, Meister Lucius, dépasseraient 65 millions.

Nous n'avons aucune idée sur le chiffre exact de la production des colorants, qui doit vraisemblablement atteindre plusieurs centaines de

millions de francs. On sait seulement que l'Allemagne a exporté en 1913 plus de 7 millions de kilogs d'aniline et de sels d'aniline, qu'elle a transformés dans les succursales établies dans les divers pays et particulièrement en France dans les usines de Neuville-sur-Saône à la Badische, de Flers à la Bayer, de Creil à la Meister Lucius, de Saint-Fons à l'Actien Gesellschaft, de Lyon à la Cassella. Elle a vendu en outre près de 65 millions de kgs de couleurs d'aniline, représentant une valeur de près de 180 millions de francs. L'ensemble des autres colorants exportés dépasserait également cent millions de francs.

Devant une organisation aussi importante, que des facteurs nombreux ont permis de développer si puissamment, notre industrie française des colorants ne pouvait pas lutter. Bien que plusieurs maisons aient tenté de fabriquer certains produits, elles trouvaient dans les succursales allemandes installées en France une telle concurrence que, malgré leur désir de produire, elles étaient arrêtées par le bas prix des colorants que ces dernières livraient au public. Nous devons signaler cependant le grand effort fait par l'une de ces maisons françaises, la maison Poirrier, de St-Denis, qui non seulement s'est mise à fabriquer un grand nombre de colorants: auramine, bleus à l'alcool et bleus solubles, des bleus purs pour soie, un grand nombre d'azoïques, des safranines, les couleurs de fuchsine, les naphtines, le bleu de méthylène, ainsi que des couleurs directes pour coton et mi-laine: bleus directs, bruns et gris directs, grenat direct, jaunes et noirs directs, des verts et violets directs, etc., mais encore a marché souvent à la tête du progrès industriel. De 1860 à 1911, elle a créé le rosolane ou violet au bichromate, les violets de Paris, la fuchsine et ses dérivés violet et bleu, le cachou de Laval, les produits diazoïques de la nitraniline, les colorants au chrome, etc. C'est cette maison qui a fabriqué le premier noir au soufre, le noir Vidal, exploité ensuite d'une manière si intensive par les firmes allemandes. On voit que ses efforts ont été souvent couronnés de succès. Il y a lieu d'espérer qu'entre ses mains l'industrie des colorants va pouvoir prendre un essor nouveau. Déjà bien outillée, pourvue d'un capital qui a été récemment augmenté, elle pourra prendre la tête de la rénovation qui se prépare. Elle sera aidée en cela par les autres maisons françaises, et par les sociétés qui sont en voie de formation. De l'union de tous ces efforts, d'un trust de colorants, pourra résulter pour notre industrie une force qui contrebalancera dans une certaine mesure la prépondérance allemande.

II

L'industrie des parfums naturels et artificiels n'a pas atteint encore en Allemagne un développement semblable à celui de l'industrie des colorants. Et la France lutte avec avantage contre l'invasion allemande sur ce terrain. C'est la maison Schimmel qui semble être à la tête de la fabrication des huiles essentielles et des parfums artificiels. Ses usines occupent une surface de 250.000 mètres carrés. Elles fabriquent un grand nombre d'essences; mais elles en achètent également beaucoup, soit parce qu'il est possible de les extraire sur place de la plante fraîche, comme les essences d'eucalyptus, de lavande, d'aspic, de romarin, d'ylang-ylang, de cannelle de Chine, de cajeput, etc., soit parce qu'il serait trop onéreux d'amener la matière première jusqu'aux usines. Ces essences sont purifiées par rectification et revendues ensuite après les avoir améliorées.

Dans les laboratoires de chimie, le travail s'opère surtout dans trois directions : 1° isolement de certains composants des huiles essentielles, particulièrement précieux, que l'on amène à l'état de pureté; 2° préparation, à l'aide de réactions et de procédés chimiques, de combinaisons de ces composants, qui s'emploient dans la parfumerie, la fabrication des liqueurs ou la médecine; 3° préparation de parfums synthétiques, très importants, en partant de matières premières qui n'appartiennent pas aux huiles essentielles.

Cette maison possède également de nombreux chimistes qui sont spécialisés dans l'industrie des parfums et qui travaillent à la manière allemande sur toutes les questions qui relèvent de cette industrie. Mais elle n'est pas la seule dirigée dans cette voie, et beaucoup de grandes firmes allemandes se sont mises à fabriquer, à côté des produits chimiques, des corps pour parfumerie, soit des composés de synthèse, soit des essences naturelles. Il en résulte une activité qui n'a fait qu'augmenter dans ces dernières années.

En 1907, l'Allemagne exportait 491.700 kg. d'huiles essentielles pures, représentant une valeur de 8.250.000 francs; en 1913, 1.073.900 kg. valant 19 millions de francs. Et tandis qu'elle n'importait que 11.300 kg. de parfums artificiels en 1907 et 22.500 kg. en 1913, elle exportait 279.400 kg. et 673.000 kg. de ces produits dans ces mêmes années, d'une valeur de 3 millions et 7 millions et demi. Dans ces chiffres, la France entrait en 1913 pour 78.500 kg., la Grande-Bretagne pour 102.700 et les Etats-Unis pour 184.200 kg.

Ces chiffres sont suffisamment éloquents et

montrent clairement le développement de l'industrie des parfums pendant ces dernières années, ainsi que son importance croissante dans le commerce mondial.

Cependant, dans cette branche, la France n'est pas restée inactive et elle a lutté merveilleusement contre la fabrication allemande. Cela ressort nettement du tableau suivant, qui indique le mouvement des huiles essentielles et des parfums artificiels en France pendant les années 1911, 1912 et 1913.

Importation d'huiles essentielles :

1913.	884.500	kg.	valant	2.827.100	francs
1912.	959.500	«	«	2.880.500	«
1911.	938.900	«	«	2.687.600	«

Exportation d'huiles essentielles :

1913.	1.426.600	kg.	valant	3.812.600	«
1912.	1.688.400	«	«	38.740.000	«
1911.	1.655.300	«	«	32.802.000	«

Ainsi, tandis que les essences brutes importées n'atteignaient jamais 3 millions de francs, ces mêmes essences, purifiées en France et disséminées dans les pays étrangers, représentaient une valeur 11 à 12 fois supérieure, et atteignaient un chiffre de près de 40 millions de francs. Il n'est pas douteux que de ce côté notre avance est formidable et qu'il sera facile de la maintenir.

En ce qui concerne les parfums artificiels, notre industrie n'a pas fait des progrès analogues. Nous avons importé en effet :

en 1911	103.500	kg.	valant	1.372.000	francs
1912	99.000	»	»	1.424.000	»
1913	113.300	»	»	1.378.000	»

pendant que nous exportions :

en 1911	22.300	kg.	valant	168.000	francs
1912	51.900	»	»	192.000	»
1913	14.800	»	»	164.000	»

C'est évidemment dans le domaine des parfums artificiels que nous sommes dans un état manifeste d'infériorité. Et cela tient encore au faible développement de notre industrie chimique organique. Pourtant, il y a de ce côté un avenir merveilleux; l'exemple de la production allemande en est un sûr garant. C'est donc de ce côté que devra se livrer également la lutte industrielle. Déjà beaucoup de maisons ont compris tout l'intérêt qui s'attache à cette fabrication, et pour ne citer par exemple que la Société chimique des Usines du Rhône, qui semble vouloir se mettre à la tête du mouvement industriel chimique, nous trouvons dans les produits synthétiques qu'elle fabrique les acétates d'amyle, de benzyle et de terpényle, les benzoates de différents alcools, les alcools benzylique et phényléthylique, la coumarine, le diphénylméthane, le musc, la néroline, les oxydes de phényle et de phénylcrésyle ou essences de géraniums artificielles, l'ionone ou violette artificielle, la vanilline, le yara-yara, etc. Tous ces parfums artificiels ont un avenir immense, et sont destinés pour la plupart à remplacer les parfums naturels. On sait que la vanilline de synthèse a à peu près complètement détrôné la vieille gousse de vanille. La fabrication de ce produit a fait l'objet de nombreux tâtonnements, couronnés aujourd'hui de succès. Les trois procédés que l'on utilise pour la produire industriellement sont garantis par plus de 70 brevets.

L'héliotropine ou pipéronal synthétique, identique au parfum de l'héliotrope, l'essence d'amandes amères, l'aubépine artificielle ou aldéhyde anisique, l'essence de cannelle artificielle ou aldéhyde cinnamique, l'essence de reine des prés ou aldéhyde salicylique, etc., sont préparées aujourd'hui en grand par l'industrie chimique qui les livre à des prix relativement faibles. Tous ces corps sont de même nature, de même composition que les parfums retirés des plantes. Et leur obtention industrielle constitue un beau succès à l'actif de la chimie moderne. Ce succès a été largement dépassé par la création de produits synthétiques : ionone, muscs, géraniums, dont la constitution ne rappelle en rien celle des produits naturels retirés de la violette, du chevrotain porte-musc ou des géraniums naturels.

Comme toujours, la France a marché le plus souvent au premier rang dans la création de ces parfums de synthèse, mais elle a été devancée rapidement au point de vue des applications industrielles par les pays voisins.

III

La fabrication des produits pharmaceutiques est liée à celle des produits chimiques en général. Nous n'avons l'intention de parler ici que des médicaments d'origine minérale et organique, c'est-à-dire de ceux qui relèvent de la pharmacie chimique proprement dite. Si, pendant longtemps, nous avons été à la tête de la fabrication de ces produits, il faut dire que, depuis quelques années, l'invasion allemande avait été poussée à un tel degré que nous devenions à peu près complètement tributaires de ce pays.

La puissance de production des grandes usines d'outre-Rhin, la facilité avec laquelle elles obtenaient des matières premières, leur outillage perfectionné, leur permettaient de livrer des produits très purs à bon marché. En outre, les

recherches dirigées dans les laboratoires allemands par une pléiade de chimistes ont permis de lancer sur le marché une quantité innombrable de produits nouveaux dont on avait fait au préalable l'étude thérapeutique et physiologique. Avec une réclame supérieurement organisée, les maisons allemandes réussissaient à faire vivre la plupart de ces corps pendant un certain temps, jusqu'à ce qu'une nouvelle combinaison meilleure ou moins bonne ait pu prendre sa place. Il faut dire que beaucoup de produits virent le jour pour disparaître aussitôt. D'autres, au contraire, obtinrent un succès qu'ils conservent encore. Si le sulfonal, le trional, le tétronal, le véronal ont eu un moment la faveur du monde médical, leur emploi est devenu aujourd'hui beaucoup plus restreint. Par contre l'antipyrine, et son dérivé diméthylamidé, le pyramidon, continuent à jouir d'une renommée d'ailleurs bien méritée. L'exalgine, la kairine, l'orexine, l'urotropine, etc., sont des corps de synthèse qui sont encore utilisés. Mais à l'heure actuelle toute la faveur semble aller à l'aspirine, que la maison Bayer avait lancée avec une réclame savante. Cet éther acétylsalicylique, qui se prépare par une réaction bien connue de chimie organique, a été breveté par la maison allemande; mais, comme la réaction ne pouvait pas donner matière à brevet, on a déposé le nom de la substance. Jusqu'à quel point cette façon d'agir est-elle légale? Nous ne pensons pas qu'en France, où la loi interdit de breveter les médicaments, un fabricant d'aspirine serait condamné.

L'aspirine venait à peine de paraître sur le marché que déjà on préconisait pour la remplacer son sel de sodium, l'hydropyrine, et aussi l'acide trichloroacétylsalicylique, qui, analogue à l'aspirine, aurait l'avantage de n'avoir pas de saveur acide.

Tous ces corps de synthèse ont pu être créés grâce aux recherches patientes des chimistes employés dans les maisons allemandes, qui gardent le plus complet anonymat. Ils constituent des applications intéressantes des réactions nombreuses de la Chimie organique, dirigées vers un but déterminé : l'utilisation en thérapeutique.

Si beaucoup de ces composés n'ont pas eu le succès que l'on escomptait et n'ont pas produit des bénéfices importants, il en est d'autres, au contraire, qui ont permis d'en réaliser largement pour payer les frais occasionnés par la mise au point des premiers.

C'est aussi le développement intense de la production des produits chimiques qui a permis de réaliser tous ces composés de synthèse. Pour la plupart des produits organiques, l'Allemagne a un véritable monopole, et il n'est pas possible de fabriquer industriellement certains corps sans recourir à ses usines. La fabrication de l'antipyrine, qui exige un outillage assez compliqué, nécessite l'emploi de phénylhydrazine, que produisent seules les usines allemandes. L'acide salicylique venait, avant la guerre, presque entièrement d'Allemagne; il est le point de départ d'un grand nombre de médicaments.

Serons-nous toujours tributaires de ce pays pour les produits chimiques et pharmaceutiques?

Nous ne le pensons pas, si l'on veut agir vigoureusement. Déjà la Société chimique des Usines du Rhône est outillée pour produire de grosses quantités de phénol. Elle fabrique également l'acide salicylique et la plupart de ses dérivés, salicylates de soude et de méthyle, salol. Elle fait de notables quantités d'aspirine, d'antipyrine et de pyramidon.

Ce n'est là qu'un commencement. D'autres usines françaises s'outillent également pour mener la lutte, et il est probable qu'après la guerre nous n'aurons plus à relever des chiffres d'exportation de produits chimiques et pharmaceutiques allemands aussi importants que ceux que nous trouvons pour les années 1912 et 1913.

En 1912, l'Allemagne a exporté 20.270.338 quintaux de produits chimiques et pharmaceutiques valant 473 millions de francs, et en 1913, 23.743.156 quintaux, représentant une valeur de 580 millions, c'est-à-dire exactement le dixième de la valeur des exportations totales du commerce allemand. Ces chiffres se passent de commentaires. Ils montrent que la lutte sera dure, mais elle n'est pas faite pour déplaire au caractère français.

IV

Contre cette organisation que possède l'Allemagne dans ces trois branches de l'Industrie chimique, colorants, parfums artificiels, produits chimiques et pharmaceutiques, est-il possible de lutter? Pour arriver à briser le monopole allemand, il est indispensable que nous puissions nous placer, autant que possible, dans les conditions qui ont permis à ce peuple, il faut le reconnaître, de faire si bien et si grand. Il est certain que notre caractère ne pourra pas se plier à certaines exigences qui ont été indispensables à la réussite des maisons d'outre-Rhin. Mais nous suppléerons à cela par des qualités qui font complètement défaut à ce pays.

On peut, à notre avis, ramener à cinq causes les conditions du succès : 1° nous devons avoir des

matières premières en abondance ; 2° posséder des capitaux suffisants ; 3° faire des techniciens nombreux ; 4° être protégés par des lois et des brevets ; 5° créer une organisation commerciale de premier ordre.

1° La production abondante des matières premières a été peut-être le facteur le plus puissant du développement de toute l'industrie chimique allemande. La production du goudron a été portée dans ce pays à un tel degré qu'en dehors de la consommation normale, très importante, il exportait de notables quantités de produits rectifiés extraits de ce goudron.

Il n'est pas douteux que la France va posséder après la guerre des usines formidables, bien outillées, fonctionnant d'une manière intensive, et pouvant produire une énorme quantité de produits qui, n'étant plus nécessaires à la Défense nationale, pourront être utilisés par l'Industrie chimique. La préparation du benzène, du toluène et des xylènes purs est portée en ce moment à un degré tel que nous avons le droit d'espérer qu'après la guerre notre production dépassera de beaucoup notre consommation.

Or, nous avons vu que ces hydrocarbures sont les matières premières indispensables à la fabrication de la plupart des colorants. Leur transformation en dérivés nitrés se fera à bon marché. Nous posséderons, en effet, pour cela, les immenses installations d'acide azotique et d'acide sulfurique qui servent actuellement à fournir les acides nécessaires à l'importante production d'explosifs. La réduction de ces dérivés nitrés doit être envisagée dès aujourd'hui, et il serait bon de créer les appareils qui seront utilisés dans ce but après la guerre. Un certain nombre d'usines sont déjà outillées ; mais peut-être serait-il nécessaire de tripler ou quadrupler les moyens de fabrication. Ne serait-il pas également intéressant d'envisager cette réduction par les méthodes catalytiques. Bien que la transformation par catalyse du nitrobenzène en aniline soit du domaine public, la Badische vient de la breveter récemment, sans apporter la moindre nouveauté à la réaction.

Ces hydrocarbures sont également le point de départ de certains parfums, produits pharmaceutiques et d'un grand nombre de composés chimiques.

Si les phénols et les crésols sont peu importants au point de vue de leur utilisation dans la fabrication des colorants, ils sont en revanche d'une utilité de premier ordre dans les autres branches de produits chimiques : parfums synthétiques et produits pharmaceutiques. Or, soit en phénol que l'on retire du goudron de houille à l'état pur, soit en phénol synthétique produit à partir du benzène, notre production dépassera encore de beaucoup notre consommation.

Du côté des hydrocarbures aromatiques et du côté des phénols, nous n'avons rien à redouter. Il n'en sera peut-être pas de même pour la naphtaline et l'anthracène qui sont, nous l'avons vu, les matières premières indispensables à la fabrication d'un très grand nombre de couleurs. En outre, la naphtaline, par sa transformation en naphtols, constitue la base des éthers méthyliques de naphtyle et de méthyle $C^{10}H^7OCH^3$, de naphtyle et d'éthyle, $C^{10}H^7OC^2H^5$, c'est-à-dire du yara-yara et de la néroline, qui forment la base des eaux de Cologne. Elle est également par les naphtols et ses dérivés une matière première indispensable à la confection de certains produits pharmaceutiques très employés.

Or, nous savons que les mines de Lens, par exemple, qui produisaient 100 tonnes de goudron par jour, soit environ 36.000 tonnes par an, retiraient 4 $^1/_2$ à 5 % de naphtaline pure de ces goudrons, soit 1.800 tonnes. Avant la guerre, on distillait dans toute la France environ quatre millions de tonnes de houille en vue de la fabrication du gaz d'éclairage, produisant 200.000 tonnes de goudron contenant 12.000 tonnes de naphtaline. Dans la fabrication du coke métallurgique, on obtenait 160.000 tonnes de goudron, d'où il était possible d'extraire 8.000 tonnes de naphtaline, soit un total de 20.000 tonnes, chiffre bien inférieur au chiffre allemand qui est dix fois plus grand.

Néanmoins, cette matière première très abondante, dont la production ne pourra que se développer avec l'intensité de notre fabrication métallurgique, n'est pas retirée en général de nos goudrons. Si les différentes usines à gaz et les houillères venaient à utiliser rationnellement leur goudron, elles trouveraient dans l'extraction de la naphtaline un bénéfice immédiat.

La fabrication de l'anthracène pur doit être également envisagée dès à présent. Au moment où, en France, l'on commence à pratiquer la distillation des goudrons, il ne faut pas perdre de vue que la préparation de l'anthracène est moins aisée que l'on ne pense, pour arriver à un produit pur pouvant être utilisé pour l'obtention des matières colorantes anthraquinoniques. Il faut créer un outillage particulier et s'inspirer des travaux antérieurs faits pour arriver à une purification assez avancée avant de procéder à la sublimation. Or, comme nous l'avons dit, c'est la pyridine qui constitue le meilleur dissolvant

des hydrocarbures qui accompagnent l'anthracène. Elle permet d'atteindre un corps à 82 %. Cette purification nécessite par conséquent la production de la pyridine à partir des huiles légères du goudron.

La distillation des houilles de France permettra d'obtenir plus de deux mille tonnes d'anthracène pur, et cette quantité ne pourra que s'accroître avec le développement de l'industrie métallurgique. Cet aperçu montre que les matières premières ne feront pas défaut en France, si dès maintenant on veut prévoir l'avenir.

2° Pour pouvoir accroître encore la production des matières premières, et pour développer notre industrie, il faut nécessairement de nombreux capitaux. Si, à l'heure actuelle, l'État a été le grand initiateur des fabrications de produits légers, benzène, toluène, xylène, et du phénol qui sont nécessaires pour la préparation des explosifs, il faut qu'il se crée des sociétés puissantes, pouvant, à l'aide de capitaux énormes, activer la production actuelle. La mise au point d'une industrie nouvelle ne se fait pas sans une dépense d'argent et de temps, sans compter l'énergie qu'il faut avoir pour atteindre le résultat voulu. Les deux exemples que nous avons cités plus haut, au sujet de la synthèse industrielle de l'anhydride sulfurique et de la fabrication de l'indigo synthétique, montrent que les maisons allemandes n'ont jamais reculé devant d'énormes sacrifices pour arriver au but. Une industrie qui semble également devoir absorber de gros capitaux et un temps assez long est celle du caoutchouc synthétique, que la maison Bayer essaie de mettre au point depuis plusieurs années et pour laquelle de nombreux millions ont été dépensés. Ce que l'on peut ajouter, c'est qu'une fois ces industries créées, elles ont procuré dans les deux premières années de fabrication des bénéfices qui ont largement payé les dépenses engagées dans les essais. Pour l'indigo seul, la production avait atteint avant la guerre une valeur de 85 millions de francs.

Il faut donc habituer les capitalistes à cette idée que seules les grosses dépenses peuvent produire d'énormes bénéfices. Dès lors, les futures sociétés d'industrie chimique devront se constituer avec des capitaux considérables, et les directeurs ne devront jamais hésiter à mettre au point, même au prix de sacrifices importants, des réactions de laboratoire qui peuvent conduire à des résultats pratiques. La persévérance dans la recherche industrielle est peut-être une des meilleures qualités d'un directeur d'industrie. C'est parce que nous ne l'avons pas développée suffisamment que notre prépondérance a disparu.

D'ailleurs, si l'une des réactions que l'on étudie ne donne pas de résultats pratiques immédiats, combien d'autres qui réussiront pourront largement payer les essais des premières. En outre, la mise au point de l'une d'entre elles entraîne fatalement le développement d'industries connexes. C'est parce que la Badische a mis au point la synthèse de l'indigo industriel, qu'elle a été obligée de créer l'anhydride sulfurique nécessaire à l'oxydation de la naphtaline, la fabrication du chlore et de la soude électrolytiques, de l'ammoniac, de l'acide acétique, c'est-à-dire des produits qui lui étaient nécessaires pour mener à bien et à bon marché la production de l'indigo. Toutes ces industries se tiennent, se complètent et n'obligent pas une société à être tributaire des maisons voisines; il en résulte un prix de revient de fabrication moins élevé. Tout cela ne se fait pas sans des dépenses élevées, mais il faut croire qu'elles ont porté leurs fruits puisque la Badische a versé à ses actionnaires, dans chacune des dix dernières années, 24 à 25 % de dividendes.

3° Pour mener à bien une industrie quelconque, la présence de techniciens est indispensable et, dans le cas qui nous occupe, le développement de l'industrie chimique, il faut des hommes de laboratoire, des chimistes. On peut se demander si l'on a fait jusqu'à présent, dans les industries françaises, la place qu'il convient aux chimistes et si on leur a demandé tout ce qui pouvait favoriser le développement de ces industries.

C'est un fait parfaitement reconnu et universellement admis que la science est inséparable de l'industrie. En Allemagne, on l'a si bien compris que les grandes fabriques de produits chimiques ont à leur service un très grand nombre de chimistes qui poursuivent d'une manière très active les recherches dans les laboratoires. Presque tous anonymes, ils travaillent pour la maison qui leur octroie une part des bénéfices sur leurs travaux lorsqu'ils sont mis au point industriellement.

Sur le nombre important des chimistes, un petit nombre réussit à produire, mais les résultats obtenus sont souvent si féconds qu'ils permettent de maintenir à leur poste de travail ceux qui ne fournissent aucun résultat pratique. « Que nous importe, disait un directeur d'usine, si, sur 100 chimistes, 99 ne donnent rien et si un seul nous fournit un bénéfice de 200.000 marks par an. »

L'installation des laboratoires de recherches

est poussée à un tel degré de perfectionnement que l'on peut se demander si jamais il nous sera possible de créer de semblables organisations. Je tiens d'une personne qui avait eu l'occasion de visiter un de ces laboratoires que leur installation a lieu dans un grand hall, divisé en loges où travaillent un ou deux chimistes. Bien pourvus de tout l'outillage moderne, ces laboratoires permettent les recherches les plus variées. En face de chaque loge se trouve une colonne, où chaque matin on affiche les travaux publiés la veille dans le monde entier. Le chimiste consulte le travail qui correspond à sa spécialisation, le refait, le perfectionne si possible, cherche une application industrielle ou une modification en vue de prendre un brevet si la réaction qu'il étudie paraît pratique. Une telle organisation est si formidable qu'il n'est pas possible de songer à l'imiter.

En France, le chimiste a été considéré le plus souvent comme un employé chargé de faire des analyses, des dosages. Son rôle devant, dans ces conditions, se borner à effectuer un travail peu productif, il en est résulté que le chimiste a été peu demandé et conséquemment qu'il n'a pas été payé selon sa valeur. Il y a donc, sur ce point, une véritable transformation à effectuer. Il faut que les industriels se pénètrent bien de cette idée que, pour assurer la prospérité de leur maison, il faut s'entourer de chimistes expérimentés, de chercheurs, de véritables hommes de science et créer pour eux des laboratoires bien outillés, des bibliothèques complètes qui leur permettront de poursuivre leurs recherches avec fruit.

Dans une conférence faite à la Société chimique de France, le Dr Schmidt, directeur des fabriques Bayer, d'Elberfeld, disait « que le développement industriel qui s'est produit à la naissance des nouveaux colorants de l'anthraquinone eût été impossible, si en même temps ce domaine n'avait pas été étudié d'une façon très intense au point de vue scientifique dans les laboratoires des fabriques de matières colorantes artificielles, car c'est toujours le travail scientifique au laboratoire qui est l'âme de l'industrie florissante des matières colorantes. »

Sommes-nous préparés en France pour faire ces chimistes ? Je dis sans hésitation : oui. Je ne partage nullement le pessimisme de certains qui pensent que les chimistes d'industrie n'existent pas.

Il n'est pas possible de faire un bon sujet, si on ne lui donne pas au préalable l'instruction générale qui est la base de toute science. Je ne comprends pas très bien un chimiste technicien qui ne posséderait pas à fond la Chimie minérale, la Chimie organique, la Chimie générale. L'industrie n'est que le résultat des applications des connaissances théoriques. Or, les Facultés françaises ne le cèdent en rien aux écoles allemandes au point de vue de l'enseignement, qui se fait avec clarté, simplicité et méthode. Il n'est pas douteux que chez nous les étudiants acquièrent des idées générales bien supérieures à celles que l'on inculque aux étudiants d'outre-Rhin. Il y a quelques années, dans une Faculté de province, le professeur faisait un cours sur la soie viscose. Dans l'amphithéâtre vint s'asseoir un inconnu qui paraissait s'intéresser vivement au cours. Après ce dernier, le professeur reçut sa visite et l'inconnu ne tarit pas d'éloges sur la façon générale dont la question était exposée, sans que pour cela on ait oublié les principaux détails de fabrication. Il ajouta qu'en Allemagne on ne faisait pas des cours semblables. On décrivait avec beaucoup de détails la préparation technique, sans montrer les conséquences et la généralité du phénomène. Je n'avais jamais envisagé, dit-il, l'enseignement de cette manière.

Cet inconnu était professeur à l'Ecole de Chimie de Francfort.

A côté de l'enseignement général, il faut donner aux étudiants un enseignement pratique suffisamment développé, afin de leur apprendre les difficultés que l'on peut rencontrer dans la fabrication des produits. La majeure partie de leur temps doit être consacrée à des travaux de laboratoire. C'est la meilleure préparation à la recherche industrielle et le sûr garant de faire de bons chimistes techniciens. Lorsque les élèves auront appris à vivre au laboratoire, à l'aimer, à « s'y débrouiller » pour employer un mot vulgaire, toute recherche deviendra pour eux passionnante. Jusque dans ces dix dernières années, on peut dire que l'Ecole de Physique et de Chimie de la Ville de Paris, l'Institut chimique de Nancy, constituaient les seuls établissements français où se formaient les rares chimistes de France. L'Ecole Centrale, qui a été la pépinière de tant d'ingénieurs illustres, n'avait malheureusement pas un enseignement chimique assez développé. Il y aurait peut-être quelque chose à faire de ce côté. Mais, depuis dix ans, les grandes Facultés ont créé des Instituts de Chimie qui répondent dans une large mesure aux connaissances qu'exige l'industrie.

Ici, se pose un problème. Faut-il spécialiser les élèves des Instituts dans telle ou telle branche de l'Industrie chimique. Cette spécialisation dès le début peut avoir dans certains cas certains avantages, à condition que l'on développe en même temps d'une manière intensive l'étude de

la Chimie générale. L'Ecole de Chimie de Mulhouse était à juste titre le centre où les industries des colorants recrutaient leurs chimistes. On était spécialisé dès la première année dans cette voie de l'industrie chimique parce que les maîtres qui professaient à Mulhouse étaient tous des spécialistes, et qu'ils ne cessaient de donner des conseils sur ce qui a trait à la teinture et aux colorants synthétiques.

A Toulouse, nous avons adopté un système qui nous a fourni d'excellents résultats et nos chimistes n'ont jamais fait mauvaise figure dans les industries les plus diverses où ils ont été appelés. Ils se sont rapidement adaptés à leur nouvelle fonction et certains sont devenus des auxiliaires précieux des industriels. Après une préparation chimique générale, comprenant des cours de Chimie générale, analytique, minérale, organique et physique très développés, on fait des cours sur la grande Industrie, un cours sur les matières colorantes, un cours sur les parfums et sur les industries dérivées du bois et de la cellulose. Au laboratoire, on enseigne en première et seconde année les méthodes analytiques pendant que l'on dirige les élèves vers les préparations de corps minéraux et de certains composés organiques purs tels que l'industrie les fabrique. Le dessin, l'étude des machines, de la physique, complètent cet enseignement. En 3e année, le travail est encore plus varié. Il consiste en préparation de colorants avec essais de teinture, de quelques parfums synthétiques, de produits organiques assez délicats, en même temps qu'en analyses organiques, industrielles. Programme assez vaste comme on le voit, mais qui est assez aisé à réaliser, si l'on songe que les élèves passent toutes leurs après-midi au laboratoire. Ce n'est pas la spécialisation, mais cette variété intéresse vivement l'élève, qui se passionne pour l'étude de la Chimie à un tel degré que l'on est à se demander si réellement il y a lieu de changer cette méthode.

On a parlé de donner des titres spéciaux du genre de Docteur, comme cela se pratique en Allemagne, aux chimistes sortant des Instituts. Ce titre est-il bien utile? On sait qu'en France on réserve ce titre aux médecins, et l'esprit français se fera difficilement à cette idée qu'un Docteur n'est pas médecin. Laissons à l'Allemagne ce titre de « Herr Doctor », qui peut en imposer aux masses populaires, et gardons pour nous le vrai titre d'Ingénieur-chimiste, qui convient bien aux futures fonctions des chimistes dans les usines. Créons plutôt un Diplôme d'Etat. Cela est plus naturel. Il existe des diplômes délivrés par l'Etat pour lesquels on n'exige pas des études aussi longues et aussi profondes que celles que l'on demande aux chimistes. Une solution devrait intervenir de ce côté.

Quoi qu'il en soit, l'industriel aura vite apprécié son chimiste par les services qu'il lui rendra, et ce ne sera pas un titre plus ou moins officiel ou ronflant qui en fera un chimiste distingué.

Aux chimistes d'industrie, il faut donner un traitement en rapport avec la science qu'ils ont acquise. Sans doute, on ne peut immédiatement leur fournir des appointements extraordinaires sans connaître la valeur des services qu'ils peuvent rendre. Mais, dès qu'ils ont montré que, sous leur impulsion, l'industrie chimique subit des modifications profondes et qu'elle fait de notables progrès, il ne faut pas attendre des mois et des années pour récompenser leurs efforts. Il faut en outre intéresser les chimistes à leurs découvertes. Certains industriels français sont déjà entrés dans cette voie. L'un d'eux disait à un chimiste qu'il prenait au service de son usine : « Si, dans cinq ans, vous ne touchez pas cent mille francs, vous ne vaudrez rien pour nous. »

Aurons-nous, après la guerre, une pléiade suffisante de chimistes pour répondre à tous les besoins des industries nouvelles qui vont se créer. Nous avons vu plus haut quel faible pourcentage de chimistes il y avait en France, par rapport à la population. Nous sommes certainement dans un état d'infériorité manifeste. Et cependant les fabriques de colorants, de parfums artificiels, de produits chimiques et pharmaceutiques vont réclamer un personnel scientifique important. Comment pourvoir à ces besoins. On a pensé qu'il fallait faire appel aux chimistes suisses, dont le nombre est très élevé. Mais qui permettra de reconnaître, dans bien des cas, si l'on n'a pas affaire à un chimiste allemand? On sait avec quelle audace ce peuple changeait de nationalité suivant les besoins de la cause. Il est à présumer qu'après la guerre il en sera de même.

A notre avis, il faut surtout utiliser les chimistes français en leur demandant un surcroît de travail qui sera compensé par un traitement plus élevé. Il n'est pas douteux qu'avec son esprit d'initiative, sa faculté d'assimilation, sa vision très nette des phénomènes, le chimiste français fera le travail de plusieurs chimistes allemands. D'autre part, si on lui fournit des laboratoires bien outillés et des crédits suffisants, je ne doute pas que les conséquences de ses travaux ne soient très importantes.

Lorsqu'on saura que les chimistes auront dans l'Industrie la place qui leur revient normalement, les Instituts de Chimie ne tarderont pas à être plus fréquentés et un nombreux personnel pourra

être formé en quelques années. Mais il faut, pour arriver à ce résultat, que l'industriel se pénètre bien de cette idée qu'il faut donner au chimiste la première place à l'usine, si l'on veut qu'il puisse diriger et perfectionner la fabrication. Il sera entouré d'ingénieurs chargés de la construction des appareils, de la marche des machines, etc.; mais au point de vue technique il doit avoir seul la responsabilité de la maison.

4° Pour que l'industrie chimique française puisse prendre l'essor qu'il convient, il faut qu'elle soit protégée par des tarifs douaniers très rigoureux, ne permettant pas l'introduction en France, par une voie détournée, des marchandises allemandes dont on ne manquera pas, après la guerre, d'inonder de nouveau le marché.

En second lieu, il faut que les découvertes de nos savants, de nos industriels, soient garanties par des brevets protégés par l'Etat. Il ne faut pas qu'une organisation comme le Patentamt puisse désormais opposer le veto aux découvertes françaises, comme cela a eu lieu trop souvent dans ces vingt dernières années. En outre, l'industriel français doit bien se persuader que la prise du brevet allemand ne devra plus avoir l'importance qu'on lui a attribuée jusqu'à ce jour.

Quel est celui qui, ayant voulu faire breveter une invention en Allemagne, n'a pas eu à subir des objections nombreuses du Patentamt? C'était toujours un brevet antérieur, d'origine allemande le plus souvent, que l'on opposait au brevet français. Et, dans la majeure partie des cas, il n'y avait aucun rapport entre les deux inventions. Féroce pour les industriels et les savants français, ce Patentamt était, au contraire, très tendre pour les grandes maisons allemandes, qui pouvaient breveter tout ce qu'elles voulaient. Combien de fois j'ai pu remarquer qu'un travail français avait été breveté par une grande firme d'outre-Rhin, alors que ce travail était publié dans les Revues et qu'aucune nouveauté ne pouvait permettre la délivrance du brevet. Ce joug, il faut le secouer; cette organisation doit disparaître. Ou bien alors, il sera nécessaire que nous usions de représailles et que nous soumettions de notre côté les brevets allemands à un examen minutieux et à une critique sévère. C'est à ce prix que nos inventions seront sauvées.

5° Une fois notre production chimique développée, il est nécessaire d'établir immédiatement une organisation commerciale de premier ordre. On sait que les Allemands étaient passés maîtres dans l'art de vendre et de présenter au public les produits qu'ils fabriquaient. Le monde entier était envahi par leurs voyageurs, polis et audacieux, insinuants et curieux. Lorsqu'ils entraient dans une usine, dans un laboratoire, ils s'intéressaient à tout, examinaient des détails sans importance, interrogeaient nonchalamment. De toutes leurs observations ils retiraient un profit énorme. On peut dire que, de leurs visites, il est résulté des modifications nombreuses de leur industrie.

Il faut ajouter qu'au point de vue chimique, ils présentaient presque toujours des produits d'une extrême pureté, et il était courant dans le monde scientifique de parler de tel ou tel produit livré par telle maison allemande.

Les grandes firmes faisaient imprimer en outre tous les ans, non seulement des catalogues, mais de véritables livres où l'on donnait des renseignements très complets sur les dernières nouveautés créées. Qui n'a pas eu entre les mains ces gros volumes des maisons Bayer, Cassella, sur les colorants de la benzidine, sur les couleurs pour laine, sur les colorants pour mordants, dans lesquels on décrit leur emploi dans l'impression, dans la teinture.

Ces livres sont richement illustrés par de nombreux échantillons. Ils constituent un aide-mémoire précieux pour l'emploi des couleurs qu'ils décrivent.

Ces volumes coûtent sans nul doute des sommes énormes. Ils sont très diffusés et tous ceux que la question peut intéresser n'avaient qu'à en faire la demande pour les recevoir gratuitement.

Si nous ne pouvons pas suivre les industriels allemands dans cette voie, il sera possible dans tous les cas de développer notre commerce extérieur par la formation de bons voyageurs, par la création de conseillers du commerce et par le développement des langues vivantes. Il faut que, dans les écoles commerciales, l'étude de la Chimie soit très développée, afin que les représentants sachent de quoi ils parlent et qu'ils puissent être capables au besoin de donner des détails techniques.

Enfin une condition de la réussite est de s'attacher à fabriquer des produits purs.

V. — Conclusions

Nous venons d'exposer les conditions qui semblent devoir être réalisées pour entreprendre la rénovation de l'industrie chimique en France. Est-il possible d'entrer tout d'un coup dans la fabrication des produits si nombreux qui sortaient journellement des grandes usines allemandes. Nous pensons que cette prétention serait vouée à un insuccès certain. Il faut se limiter

au début et ne fabriquer que les produits indispensables, ceux dont la consommation est énorme, et s'attacher progressivement à créer les autres. Pour certains, va se poser la question de la valeur des brevets allemands. Je ne crois pas qu'une solution soit intervenue à ce sujet.

Dans tous les cas, au point de vue des matières colorantes, il existe un assez grand nombre de corps tombés dans le domaine public dont on peut entreprendre immédiatement la fabrication. On aura assez de variétés de couleurs pour pouvoir satisfaire le goût du public. Le temps passera et les derniers colorants brevetés pourront à leur tour être envisagés. D'autre part, si par leurs études nos chimistes viennent à trouver quelques réactions qui permettent de tourner les brevets allemands, la tâche sera singulièrement facilitée.

Pour les parfums synthétiques, il existe à l'heure actuelle peu de brevets pouvant être revendiqués. Cette branche de l'industrie pourra être développée prodigieusement.

Enfin, les produits chimiques et pharmaceutiques, vendus sous une marque de fabrique, peuvent être reproduits, puisque la loi française ne reconnaît pas les médicaments secrets, et que d'autre part presque tous les produits chimiques sont dans le domaine public. Si l'abondance des matières premières nous permet de réaliser ces fabrications, il faut se mettre à l'œuvre immédiatement.

Alph. Mailhe,
Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

REVUE ANNUELLE D'ASTRONOMIE (1915)

I. — Instruments et méthodes

Les étoiles faibles, qui forment la grande majorité des corps célestes que nous pouvons apercevoir, étaient, pour bien des motifs, négligées par les anciens observateurs. Nous ne savons encore que bien peu de chose de leur état physique. Ces astres prennent néanmoins dans la Science une importance croissante, depuis qu'il est reconnu qu'ils déterminent dans l'espace des directions fixes. Leur étude s'impose si l'on veut vérifier avec quelque rigueur les principes de la Dynamique, les lois de la propagation des ondes, en perfectionner l'énoncé, en poursuivre les conséquences. Plus on a voulu étendre ces brillantes conquêtes, plus on a senti la nécessité de s'appuyer sur des étoiles nombreuses et sûrement dépourvues de mouvement propre. Les catalogues établis dans le dernier siècle au prix d'un si grand labeur sont jugés insuffisants. Ni le cercle méridien, instrument très bien étudié, mais de rendement faible, ni la Carte photographique internationale, entreprise grandiose mais encore éloignée de son terme, ne sont en mesure de contenter l'impatience des astronomes. On cherche des moyens plus expéditifs : lunettes à miroir permettant de comparer dans un même champ des astres éloignés, lentilles capables de photographier d'un seul coup, sans déformation, une partie notable du Ciel. Les systèmes réfléchissants proposés à diverses reprises semblent être restés dans le domaine de la théorie ; mais le doublet photographique à deux groupes de verres étudié par M. Schlesinger fait l'objet d'une application importante, poursuivie avec les ressources combinées de l'Observatoire Lick et de l'Observatoire d'Alleghany. Dans un champ de 4 degrés de rayon, où l'on trouvera toujours assez d'étoiles bien déterminées, la netteté des images est suffisante pour assurer une précision égale à celle des meilleures observations méridiennes, et le travail peut être conduit bien plus rapidement[1].

Est-il possible d'augmenter encore cette netteté, avec un léger sacrifice sur le nombre des étoiles enregistrées dans un temps donné ? On y parvient, d'après M. Kapteyn, en prenant le cliché destiné aux mesures à travers un cliché développé de la même région du Ciel, exposé dans la même orientation de la lunette, mais en dehors du foyer. Chaque étoile est alors figurée sur l'écran par un petit cercle dont le noircissement est proportionnel à l'intensité de la source, et les grandeurs, sur le second cliché, se trouvent à peu près ramenées à l'égalité.

On aurait aussi avantage, d'après M. Knobel, à revenir au collodion humide. Les couches sensibles à base de gélatine, généralement adoptées comme plus économiques et plus rapides, ne donnent jamais des structures aussi égales et aussi fines que les procédés anciens. M. Knobel voudrait voir ceux-ci remis en honneur, au moins pour les détails délicats de la couronne solaire[2].

1. *The Observatory*, vol. XXXVIII, p. 129.
2. *The Observatory*, vol. XXXVIII, p. 209.

Les progrès attendus ou réalisés en photographie céleste n'ont point arrêté les études qui tendent à l'élimination des petites erreurs dans les observations méridiennes. L'emploi d'un fil mobile entraîné, avec enregistrement automatique des passages, celui d'écrans qui affaiblissent les étoiles brillantes, entrent de plus en plus dans la pratique. Mais il résulte d'une discussion de M. Thackeray que, même pour un cercle méridien étudié et manié avec beaucoup de soin comme celui de Greenwich, le coefficient de flexion peut varier notablement en quelques années [1].

La constante de l'aberration, qui intervient dans toutes les positions d'étoiles, a été déterminée à nouveau par M. Jones [2], faisant usage d'un télescope flottant sur le mercure. La valeur trouvée (20",467) justifie la décision prise par la Conférence internationale en 1896. Même si la parallaxe solaire est obtenue par une autre voie avec plus de précision relative, la méthode suivie par M. Jones, et dont l'application est encore en cours, garde un intérêt en fournissant une valeur de la vitesse de la lumière dans l'espace interstellaire et des renseignements sur la variation des latitudes.

M. de Sitter propose, pour déterminer la constante de l'aberration, de choisir dans l'équateur quatre étoiles séparées par des intervalles de 90° environ, de comparer deux arcs consécutifs dans la même nuit à l'aide de deux télescopes fixes installés dans l'horizon en face d'un miroir également fixe, et de combiner quatre mesures de ce genre effectuées à des intervalles de trois mois. La théorie fait espérer que l'élimination des causes d'erreur inévitables (réfraction, parallaxes annuelles, mouvements propres, instabilité des appareils) sera mieux obtenue par cette méthode qu'avec les systèmes à miroirs multiples, déjà proposés ou employés pour le même objet [3].

A diverses reprises, on a voulu rattacher la gravitation universelle à d'autres forces physiques, lui assigner un mode et une vitesse de propagation. Les expériences tentées dans ce but n'ont pas donné les résultats espérés. Mais, d'après M. Eddington, on aurait tort de renoncer à toute tentative dans la même direction, de considérer comme intangible le principe de relativité ou la transmission instantanée de l'attraction. Ainsi rien n'empêche de supposer que, dans un champ gravitationnel intense, la marche des ondes lumineuses est ralentie. Une occasion favorable de le vérifier pourrait être offerte par une occultation qui se produirait pendant la durée d'une éclipse totale [1].

1. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 548.
2. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 542.
3. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 458.

II. — Étude des étoiles et des nébuleuses

Peut-on assigner un centre et des limites au monde des étoiles, comme on a coutume de le faire sans scrupule quand il s'agit du système solaire ? Ce grand problème a été maintes fois débattu. W. Struve et J. Herschel, notamment, y avaient pris des positions opposées. Plus que jamais, on peut le dire, il est à l'ordre du jour, et la solution affirmative de J. Herschel gagne visiblement du terrain. A l'existence, depuis longtemps aperçue, d'un plan de symétrie approchée, dessiné par la Voie lactée, se joignent maintenant d'autres indices concordants : limitation nette, du côté des faibles grandeurs, pour certaines classes spectrales comme les étoiles à hélium, diminution rapide de l'importance numérique pour les dernières classes de grandeur accessibles à la photographie, existence d'une région de densité maximum à partir de laquelle l'intervalle moyen des étoiles va en s'élargissant, corrélation directe entre la vitesse totale et la richesse du spectre en lignes d'absorption, corrélation inverse entre la vitesse radiale et la latitude galactique, entre la vitesse totale et la masse, entre la vitesse totale et l'éclat absolu, préférence moins marquée des étoiles pour une direction particulière, à mesure qu'on avance dans la série des spectres.

Un tel faisceau de probabilités n'est pas loin de valoir une démonstration. La relation entre la vitesse et l'éclat absolu, plus difficilement mise en évidence que les autres, repose maintenant sur une base plus large à la suite de récents travaux de M. Adams [2]. Elle justifie les tentatives de MM. Turner et Eddington pour rattacher les mouvements généraux des étoiles à la loi de Newton. Il y a relativement si peu d'étoiles dont les masses soient connues que nous ne pouvons rien dire du champ de forces qu'elles déterminent. Toutefois, l'état présent des vitesses, si l'on ne parle que des étoiles auxquelles des mouvements propres ont pu être assignés, n'est pas très loin d'être régi par les lois de Képler. M. Eddington, élargissant la conception de Laplace, a entrepris avec un certain succès de définir des distributions de matière simples d'où dériverait obligatoirement un univers non pas identique, mais analogue à celui que nous observons. L'hypothèse d'une symétrie sphérique complète est la plus commode comme point de départ du

1. *The Observatory*, vol. XXXVIII, p. 93.
2. *Astrophysical Journal*, vol. XLII, p. 72.

calcul, mais elle n'est pas obligatoire et l'on trouve quelque avantage à introduire dès le début une forme aplatie et une rotation générale. De toute manière, une sorte d'organisation se substitue, avec le temps, à l'état amorphe considéré d'abord, et les chocs semblent devoir être trop rares pour faire renaître la confusion.

Mais les chances de collision s'aggravent beaucoup si la majeure partie de la matière cosmique, au lieu d'être rassemblée en globes brillants très espacés, est disséminée à l'état obscur. M. Lindemann [1] estime qu'il en est ainsi, d'après les apparitions notées d'étoiles temporaires. La fréquence de ce phénomène est beaucoup trop grande pour être attribuée à des collisions d'étoiles brillantes. Elle rentre dans l'ordre si l'on admet qu'il existe en moyenne, dans un espace donné, 4.000 fois plus d'étoiles obscures que d'étoiles visibles, et cette hypothèse, d'après M. Lindemann, écarte plus de difficultés qu'elle n'en soulève. M. King [2] est amené à une conclusion encore plus surprenante en cherchant quelle quantité de fines particules il faudrait répandre uniformément dans l'espace pour produire l'illumination du ciel nocturne, illumination faible, mais encore trop grande pour s'expliquer par le rayonnement direct d'étoiles invisibles. M. King trouve que cette matière éparse aurait une masse totale 100.000 fois plus grande que celle des étoiles connues. Mais il est permis de tenir ce chiffre pour suspect, car les particules réfléchissantes ont des chances d'être beaucoup plus nombreuses au voisinage de notre globe que dans l'espace interstellaire. Enfin M. Turner, analysant les zones déjà publiées du Catalogue astrographique, remarque dans certaines régions du Ciel un déficit prononcé de faibles étoiles, et conclut à l'existence d'un voile obscur local, particulièrement nuisible à la perception des astres lointains. Ce voile dessinerait une spire analogue à la Voie lactée, mais de position nettement différente [3].

L'attrait que présentent ces incursions, nécessairement hasardeuses, dans le domaine de l'invisible ne doit pas faire négliger les renseignements que peut livrer encore l'étude des étoiles brillantes. On se sent ici sur un terrain plus solide; mais, pour réaliser un progrès dans ce champ déjà très exploré, il faut faire appel aux ressources de l'expérimentation physique la plus délicate. Les parallaxes annuelles déterminées photographiquement par MM. Davidson et Slocum avec les grands réfracteurs de Yerkes et de Greenwich sont dans ce genre des modèles qu'il est plus facile d'admirer que d'imiter. M. W. Coblentz a réussi à faire acquérir une sensibilité véritablement prodigieuse au couple thermoélectrique bismuth-platine dans le vide. Le nombre des étoiles dont il est possible de mesurer l'émission calorifique dans le réflecteur Crossley de l'Observatoire Lick s'est trouvé ainsi fort augmenté. Il se confirme qu'une étoile rouge représente en moyenne une source d'énergie deux à trois fois plus puissante qu'une étoile blanche de même grandeur apparente. Des mesures de M. Coblentz, MM. Burns et Merrill déduisent pour les températures des étoiles des chiffres allant de 2.500 à 8.000 degrés, et notablement moindres que les valeurs suggérées par l'étude de l'intensité lumineuse.

La photométrie reste le champ d'action préféré de plusieurs spécialistes habiles. M. Seares arrive, par de longues poses photographiques à travers un écran jaune, à déterminer dans l'échelle des grandeurs la place d'étoiles 100 millions de fois moins brillantes qu'Arcturus; il est remarquable que les dernières minutes d'exposition contribuent toujours moins que les premières à l'intensité de l'image finale. M. Stebbins continue d'utiliser les curieuses propriétés du sélénium pour déceler de faibles variations d'éclat. En ce qui concerne l'étoile d'Orion, une part seulement de l'obscurcissement temporaire se laisse expliquer par le passage d'un satellite, et la durée de l'éclipse fait connaître, comme l'on sait, une limite supérieure de la densité. Dans ce cas comme dans beaucoup d'autres analogues, la densité trouvée est petite par rapport à celle du Soleil, et le fait est assez général pour que l'on soit amené à considérer le Soleil comme un sujet anormal parmi les étoiles. Les faibles densités ont été admises sans trop de peine tant qu'il s'agissait d'étoiles blanches, que l'on pouvait considérer comme appelées à se contracter. On les trouve plus surprenantes dans le cas d'étoiles que leur spectre ferait assimiler entièrement au Soleil. M. Perrine estime que, si un maximum de lumière caractérisé se présente, il vaut mieux abandonner l'explication par les éclipses, sujette d'ailleurs à d'autres difficultés, et considérer la variation d'éclat comme affectant physiquement un seul des deux corps associés. Celui-ci deviendrait plus lumineux par saccades, ainsi qu'on le constate pour certaines comètes près du périhélie. M. H. C. Plummer ferait plus volontiers intervenir, dans le cas d'une variable à courte période, les pulsations d'une couche absorbante [1].

1. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 178.
2. *Nature*, 26 Août 1915.
3. Séance de la *Royal Astronomical Society*, 12 novembre 1915.

1. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 566.

Les spectroscopes puissants installés à l'Observatoire Lick et au Mont Wilson ont notablement accru la liste des nébuleuses auxquelles on peut assigner une vitesse radiale. Il paraît établi que les nébuleuses petites ou régulières ont en général des mouvements plus rapides que les nébuleuses étendues, plus mobiles elles-mêmes que la majorité des étoiles. Pour les nébuleuses spirales, que l'on considère comme étrangères à la Voie-lactée, les vitesses trouvées s'expliqueraient pour une bonne part comme une apparence, due à une translation générale du système galactique.

III. — Etude du Soleil

En face de l'imposante accumulation des statistiques établies depuis longtemps, sur un plan uniforme, les observations de l'activité solaire recueillies dans une seule année pèsent peu de chose. Elles suffisent, cependant, pour mettre les précisions en défaut, pour montrer la météorologie solaire aussi rebelle aux formules mathématiques que la météorologie terrestre. En dépit d'une énorme dépense d'argent et de labeur, le succès obtenu par Schwabe, il y a plus d'un demi-siècle, demeure isolé. Les spécialistes ne peuvent se mettre d'accord pour dire quelle est l'influence périodique qui doit prendre rang, par ordre d'importance, immédiatement après le cycle de onze années.

Les grandes taches et les protubérances élevées ont eu au printemps de 1915 une recrudescence manifeste, considérée en général comme un acheminement vers le maximum attendu. Personne ne prévoyait le calme relatif qui a régné dans les derniers mois de l'année. Le passage de la prépondérance numérique à l'hémisphère Sud tend à faire croire, d'après l'expérience du passé, que le maximum est déjà franchi, après une phase de croissance particulièrement courte. Mais, d'autre part, la distribution des protubérances en latitude était, vers la fin de 1915, à peu près la même qu'en 1903, deux ans avant le dernier maximum du nombre des taches. M. Butter a eu la bonne fortune d'enregistrer par la photographie une arche qui s'est dissipée en moins d'une demi-heure, après avoir atteint une altitude équivalente au quart du diamètre du Soleil. Le phénomène semble avoir été en relation avec un nuage de flocculi, mais non avec des taches visibles en lumière blanche.

Les diagrammes et tableaux numériques établis sur les moyennes de plusieurs années successives éliminent les irrégularités temporaires et permettent des conclusions plus générales. Ces discussions ont été le plus souvent conduites de manière à mettre en lumière la correspondance de l'activité solaire et du magnétisme terrestre, résumé lui-même sous une forme qui élimine l'influence perturbatrice de la saison. D'après M. Maunder, la liste des perturbations magnétiques observées à Greenwich de 1904 à 1913 indique, pour cette période, aussi nettement que pour les précédentes, une tendance des perturbations à se répéter après un intervalle égal à une révolution synodique du Soleil. Les études du P. Cortie, embrassant 25 années (1889-1913), montrent que les taches solaires équatoriales sont plus efficaces pour troubler l'aiguille aimantée que les taches de haute latitude. La plus forte perturbation du cycle actuel, survenue le 17 juin 1915, accompagnait la conjonction avec la Terre d'une tache équatoriale, qui, elle-même, avait un caractère exceptionnel. Des trois plus fortes perturbations magnétiques de l'année 1914, deux ont accompagné le passage à travers le disque d'une même tache, la plus considérable que l'on ait signalée depuis 1910. La troisième a été contemporaine du passage d'une autre région tachée, diamétralement opposée à la première [1].

L'étude de la rotation du Soleil, d'après la comparaison des spectres de divers points du bord, exige des mesures délicates et des calculs minutieux, surtout quand on ne fait à l'avance aucune hypothèse sur la distribution des vitesses. Il ne faut pas s'étonner si ces recherches ne portent en général que sur de courts intervalles et ne voient le jour qu'après un temps assez long. D'après des clichés du mois de juin 1911, M. Hubrecht a trouvé [2] que les deux hémisphères, Nord et Sud, ne tournent pas ensemble et que la vitesse angulaire, au lieu de décroître uniformément de l'équateur au pôle, présente un minimum à une latitude élevée. Ces conclusions, comme l'a fait remarquer M. Fowler, s'accordent mal avec celles qui ont été obtenues dans d'autres observatoires, notamment au Mont Wilson par M. Adams, à Ottawa par M. Plaskett. A la vérité, les intervalles de temps considérés ne sont pas les mêmes, mais on admettra difficilement que la rotation, même superficielle, ait changé d'allure en si peu de temps. Des clichés simultanés, pris dans des stations différentes et soumis au même mode de discussion, laisseraient moins de place pour le doute.

Le *Tower Telescope* du Mont Wilson, entre les mains de MM. Adams et Saint-John, a permis de réaliser une avance dans l'étude spectrale de l'extrême bord du Soleil. On a réussi à y relever en

1. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 496.
2. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 611.

temps ordinaire plus de raies brillantes qu'il n'a été possible d'en caractériser dans le spectre éclair des éclipses totales. Comparées aux raies de Fraunhofer correspondantes, ces raies présentent des écarts très petits, bien explicables par les hauteurs différentes où les couches de vapeur s'étagent au-dessus de la photosphère. M. Julius préfère invoquer la dispersion anomale, sensible lorsque deux radiations d'origine chimique différente s'inscrivent dans le spectre à proximité l'une de l'autre. Mais il est douteux que, dans ce cas, on puisse affranchir les mesures de toute erreur systématique. M. S. Albrecht[1] a relevé des faits favorables à l'explication de M. Julius, et évalue à la moitié d'une atmosphère la pression dans la couche renversante.

Les tentatives de MM. Hale et Babcock pour constater l'effet Stark sur des raies du spectre solaire leur ont donné peu de satisfaction. Il semble que l'intensité du champ électrique doive être très faible au niveau des taches. Le phénomène de Zeeman est relativement facile à vérifier sur le contour des taches. Assez souvent on a trouvé que celles-ci s'associaient par couples orientés parallèlement à l'équateur et présentant des polarités magnétiques opposées. Si l'on interprète le dédoublement des raies comme l'indice d'un tourbillon local de matière électrisée, le sens de rotation, renversé d'un côté à l'autre de l'équateur, se renverse une seconde fois aux latitudes élevées. Cette anomalie est à rapprocher de celle que nous avons signalée tout à l'heure dans la rotation générale, comme résultant des recherches de M. Hubrecht.

Divers travaux de mesure, effectués sur les photographies de l'éclipse totale du 21 août 1914, ont vu le jour récemment. Les traits les plus apparents de la couronne s'interprètent bien, d'après le P. Cortie, comme un faisceau assez divergent de jets affectant chacun la forme d'une section conique et issus d'une même région troublée. La nouvelle raie reconnue dans la partie rouge du spectre de la couronne présente des écarts de position qui doivent, d'après M. Bosler, faire attribuer à la couche inférieure une vitesse équatoriale de 4 kilomètres par seconde. On se demande, toutefois, si cette vitesse est celle d'une rotation d'ensemble ou seulement celle de particules ionisées, douées d'une luminosité spéciale et d'un mouvement indépendant.

MM. Abbot et Fowle ont réussi à faire emporter par des ballons sondes, jusqu'à 24 kilomètres de hauteur, des pyrhéliomètres capables d'enregistrer la rotation solaire. Même dans ces conditions, la chaleur reçue ne dépasse pas deux calories par minute et par centimètre carré. L'opinion de Langley, qui attribuait une réduction considérable de l'énergie solaire à une couche atmosphérique très élevée, devient de plus en plus difficile à défendre, sauf peut-être pour l'extrémité violette du spectre.

1. *Astrophysical Journal*, vol. XLI.

IV. — Etude des planètes et comètes

Il n'y a pas eu en 1915 de manifestation vraiment imprévue des astres errants. On peut difficilement qualifier ainsi l'abstention de la seconde comète périodique de Swift (1889 VI), qui ne s'est pas présentée au rendez-vous. La plus brillante comète de l'année (1915 *a* Mellish) a donné de juin à octobre le spectacle de la division de la tête en plusieurs fragments difficiles à caractériser et à suivre. Pareil accident était arrivé à la grande comète de 1882 et plus anciennement à celle de Biela. On a reconnu, il y a peu de temps, que l'orbite de cet astre disparu était coupée assez exactement en deux points par celle de la comète 1896 VII, mais on ne s'explique pas comment aurait pu s'effectuer l'acheminement de la comète de Biela sur cette nouvelle trajectoire.

Sur 74 petites planètes signalées au cours de l'année, un certain nombre ont été, après examen, reconnues identiques à des astres déjà rencontrés et perdus de vue. Parmi elles se trouvait la planète Dike, vainement cherchée à diverses reprises depuis 1868, au prix d'un labeur considérable. Le hasard aura été, pour une fois, plus fructueux que le calcul. Mais on attache, avec raison, plus de prix à une découverte méthodiquement préparée et l'on doit rendre hommage aux travailleurs patients qui aplanissent la voie par des mesures assidues des variations d'éclat et des écarts de position des planètes. M. Hall a trouvé[1] que, de février à mai, la planète Neptune, comparée à deux étoiles voisines, subissait des variations d'éclat s'étendant sur près d'une grandeur et admettant comme période 7 h. 50 m. 6 s. Il y aurait lieu d'en conclure que la planète emploie ce temps à tourner sur elle-même et qu'elle est partagée en deux hémisphères d'éclat très inégal.

Les termes empiriques introduits par Newcomb pour mettre la théorie du mouvement de la Lune d'accord avec les observations ne remplissent décidément plus leur objet. M. Ross le démontre en discutant les occultations d'étoiles notées dans ces dernières années à Greenwich et à Washington. Mais il peut se faire que l'accélération de notre satellite soit seulement apparente et tienne

1. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 626.

à un allongement effectif du jour sidéral, unité conventionnelle de mesure du temps. S'il en est ainsi, des variations moins prononcées, mais encore sensibles, doivent apparaître dans les moyens mouvements du Soleil, de Mercure et de Vénus. C'est bien ce qui a lieu d'après les études de M. Glauert, portant sur l'intervalle 1870-1910, et l'on peut évaluer à $0^s,03$ par siècle l'allongement du jour sidéral[1].

Si faible que paraisse ce chiffre, il correspond à la disparition d'une énergie cinétique considérable, dont on veut retrouver la trace et déterminer l'emploi. Le déplacement du bourrelet des marées, toujours en retard sur le passage de la Lune au méridien, peut combattre par la friction le refroidissement superficiel et en même temps effectuer un certain transport d'énergie du mouvement de rotation de notre globe aux mouvements de la Terre et de la Lune sur leurs orbites. Une autre source de dépense serait l'entretien du magnétisme terrestre ou un changement progressif dans la disposition des matériaux intérieurs du globe. Lequel de ces effets a le plus de chances d'être dénoncé par la durée de sa période, d'être soumis à une évaluation numérique? Apparemment c'est l'attraction dyssymétrique de la Lune sur le bourrelet que forment les marées. Ce calcul a été tenté à diverses reprises, et dernièrement encore par Sir Joseph Larmor[2]. Rien n'interdit de penser que l'on mettra ainsi d'accord les éclipses anciennes avec les théories modernes du mouvement de la Lune. Mais il semble que, dans tous ces essais, on se soit contenté, pour représenter la déformation des océans terrestres, d'une formule trop sommaire et trop simplifiée. On doit pouvoir serrer la réalité de plus près en utilisant l'important ensemble d'observations recueilli depuis quelque temps sur les marées, soit dans les expéditions polaires, soit dans les stations établies à demeure en Australie. L'Académie des Sciences de Paris a mis la question au concours et, en des temps moins troublés, cette circonstance provoquerait sans doute parmi les calculateurs une émulation efficace.

Il y a quelques années, M. Kimura a montré que les latitudes terrestres, au moins sur le parallèle où sont distribuées les stations du Service international, accusent une oscillation annuelle de $0'',06$ que ne fait pas prévoir la théorie de l'attraction. En général, on a pensé que cette variation était seulement apparente et causée par la réfraction atmosphérique. L'instrument et son abri se refroidissent par le rayonnement nocturne, les couches d'air voisines sont déformées et la hauteur observée des étoiles change avec la saison. Mais cette explication commode a perdu de son crédit à la suite des calculs de Sir Joseph Larmor[3]. Il faudrait, pour considérer la variation annuelle des latitudes comme un effet atmosphérique, attribuer au refroidissement nocturne une amplitude que les observations météorologiques ne confirment pas.

1. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 489 et p. 685.
2. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 211.
3. *Monthly Notices*, vol. LXXV, p. 205.

On croyait, il y a peu de temps encore, que le conflit ancien relatif à l'aplatissement du globe terrestre était apaisé. Il ne s'agissait plus, comme au temps de Maupertuis et de Mairan, de décider si le méridien terrestre est aplati ou allongé aux pôles, mais de fixer l'inverse de l'aplatissement entre 290 et 300. Les mesures géodésiques, les observations lunaires semblaient exiger un chiffre faible, inférieur à 295. Les mesures de la pesanteur, la théorie de la précession, réclament d'autre part un chiffre fort, supérieur à 297. Avec le système de compensation introduit par les savants américains, l'ensemble des mesures géodésiques avait fini par s'accommoder du chiffre 297. Mais, d'après une étude de M. de Sitter[1], le nombre 295 est toujours imposé comme limite supérieure par la théorie du mouvement de notre satellite et par les mesures de parallaxe lunaire. Le seul expédient que M. de Sitter suggère, pour tout concilier, consiste à regarder la Lune comme plus dense près de sa surface que dans les couches profondes, et l'on ne peut se dissimuler ce que cette manière de voir a d'inusité.

Une autre dissidence, signalée par M. Jeffreys[2], porte sur les coefficients de compressibilité et de rigidité des couches profondes du globe terrestre. Les valeurs assignées à ces coefficients sont fort différentes suivant que l'on prend pour guides la variation des latitudes, l'amplitude des marées océaniques, la déviation de la verticale par la Lune, le temps de propagation des secousses sismiques. L'oscillation des latitudes géographiques indique une déformation lente, la participation de l'écorce aux marées diurnes indique une déformation rapide. Il semble donc que les constantes physiques, définies d'après les expériences de laboratoire, perdent leur signification quand il s'agit des pressions colossales et irréalisables pour nous qui règnent à l'intérieur de notre globe. Des remarques analogues s'appliquent au Soleil, et elles font certainement acquérir une réelle valeur aux vues hardies de M. Innes, qui considère de tels corps comme des réservoirs d'énergie latente, capables de passer par explosion à l'état d'étoiles blanches ou de nébuleuses. Cette manière de voir, appuyée sur l'observation des astres temporaires, a le droit d'être examinée en concurrence avec l'opinion généralement accréditée qui fait naître les étoiles de la condensation des nébuleuses et qui ne s'autorise, jusqu'à présent, d'aucun fait bien constaté.

P. Puiseux,
Membre de l'Institut,
Astronome à l'Observatoire de Paris.

1. *The Observatory*, vol. XXXVIII, p. 315.
3. *The Observatory*, vol. XXXVIII, p. 347.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Andoyer (H.), *Professeur à la Sorbonne, Membre du Bureau des Longitudes.* — **Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales**, *contenant les valeurs naturelles des lignes trigonométriques de centième en centième de quadrant avec 20 décimales, de neuf en neuf minutes avec 17 décimales et de 10 en 10 secondes avec 15 décimales. Tome I. — 1 vol. grand in-8° de LXVIII-341 pages. A. Hermann et fils, Paris*, 1915.

La longueur et les difficultés inhérentes aux grandes opérations numériques ont amené depuis longtemps les mathématiciens et calculateurs à imaginer des méthodes et instruments capables d'exécuter les calculs avec aisance et avec le moins d'erreurs possible. C'est ainsi que l'on possède aujourd'hui des Tables de logarithmes fort étendues, des Tables et des Machines à calcul pour toutes les opérations arithmétiques. On connaît le rôle fondamental que jouent en Mathématiques les fonctions trigonométriques : sinus, cosinus, tangentes, cotangentes, sécantes et cosécantes. Bien que l'on ait calculé leurs valeurs naturelles (1596), avant même que Néper ait fait paraître son immortel ouvrage sur les logarithmes (1614), on a utilisé de préférence les valeurs logarithmiques de ces fonctions tant que l'usage des logarithmes a paru plus avantageux que celui des Tables ou Machines. Les progrès de la Mécanique ayant permis de perfectionner particulièrement celles-ci et, d'autre part, certaines Tables de calcul s'étant singulièrement étendues tout en conservant un format commode, l'heure est venue où l'on peut et l'on doit envisager de plus en plus le calcul direct des fonctions trigonométriques « à l'aide des machines, sans l'intermédiaire de logarithmes ». Il convenait donc de reprendre le calcul des valeurs naturelles des lignes trigonométriques. C'est le but des Tables que vient de dresser M. H. Andoyer avec une célérité et un talent qui frapperont tous les connaisseurs et auxquels la postérité paiera mieux que nous un juste tribut d'admiration.

Les présentes Tables complètent l'œuvre trigonométrique entreprise par l'auteur en 1908 et dont la première partie, contenant les logarithmes des lignes trigonométriques, a paru en 1911 [1]. Le volume qui vient d'être publié renferme les valeurs naturelles des sinus et cosinus ; deux autres volumes, en cours d'impression, seront consacrés aux tangentes, cotangentes, sécantes et cosécantes. C'est la Table IV A, valeurs naturelles des sinus et cosinus, qui constitue la portion fondamentale des Tables actuelles ; elle est précédée de Tables auxiliaires I, II et III, pour le calcul des lignes trigonométriques telles qu'elles sont données dans la Table IV ou pour répondre aux divers problèmes que peut se poser le calculateur. Avec 15 décimales, les Tables IV A dépasseront généralement les besoins ordinaires de la pratique. Aussi, dans une courte et lumineuse préface, M. Andoyer fait-il ressortir très justement que ces Tables « pourront servir en toute sécurité de base vraiment solide à toutes les publication ultérieures du même genre, mais moins étendues et par suite mieux appropriées à la pratique chaque jour grandissante des calculs effectués directement à l'aide de machines.... ». Ces Tables vont donc servir, très prochainement à la préparation de Tables usuelles, qui renouvelleront profondément l'étude de la Trigonométrie et l'emploi des fonctions circulaires ; souhaitons sincèrement que tous, maîtres et élèves, s'initient rapidement à ces méthodes nouvelles si propres à abréger les calculs.

Après la Préface, le lecteur nous saura gré de lui signaler l'Introduction. Elle donne très clairement tous les renseignements utiles sur les méthodes de calcul, avec la formation des nombres de la Table et leur vérification éventuelle. Complétant l'Introduction des premières Tables de logarithmes (1911), elle semble tout indiquée, avec celle-ci, comme le noyau d'un ouvrage à composer sur les calculs en général et l'emploi des Tables et Machines modernes dès que les heures anxieuses actuelles seront dissipées. Rappelons, pour nous réconforter, que déjà, il y a plus d'un siècle, la Science française, en des jours aussi tragiques que les nôtres, s'illustra par l'exécution de Tables grandioses. Si celles-ci ne marquèrent pas une étape aussi nette que les auteurs pouvaient l'espérer, du moins on vit croître autour d'elles le Système métrique et la Géodésie, dont on connaît le plein succès.

A nos vifs remerciements envers l'auteur, associons la Maison Hermann et fils, qui a su heureusement imprimer des Tables très claires, bien disposées et parfaitement lisibles sur un papier de choix.

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

2° Sciences naturelles

Atlante della nostra guerra. *Texte de* M. L. F. de Magistris ; *cartes de* M. A. Dardano. — *1 vol. in-4° de 60 pages avec nombreuses fig. et 16 cartes doubles en couleurs. (Prix cart. : 10 lire). Istituto geografico de Agostini, Novara*, 1916.

Cet Atlas est divisé en deux parties : un texte et un groupes de 16 cartes.

Le texte, dû à M. L. F. de Magistris, est constitué par une étude politico-géographique sur l'Europe neutre et belligérante. Après un exposé des causes qui ont amené l'Italie à se ranger du côté des Alliés, et un bref aperçu général sur l'Europe, l'auteur consacre une série de paragraphes plus ou moins étendus à chacun des Etats européens, répartis en trois groupes, suivant qu'ils sont restés neutres ou se rattachent à l'un ou l'autre groupe des belligérants. Cette première partie est illustrée de nombreuses photographies de régions de l'Italie et des « terres irrédentes » qui sont actuellement le théâtre des hostilités.

L'Atlas proprement dit comporte d'abord une carte générale du théâtre de la guerre européenne, suivie d'une carte ethnico-linguistique de l'Europe, qui met en évidence la répartition des diverses nationalités ; puis des cartes plus détaillées du front oriental, du front occidental et du front balkanique. Mais la plus grande partie de cet atlas est, comme l'indique le titre, consacrée à l'Italie. Une carte représente d'abord le royaume dans les limites qu'il occupait au moment de la déclaration de guerre, une autre les limites qu'il revendique dans le Trentin, en Vénétie, en Istrie et en Dalmatie. Deux cartes ethnico-linguistiques plus détaillées montrent la répartition des éléments italien, tudesque, slovène et croate dans ces régions contestées. Enfin 6 cartes topographiques très détaillées représentent le théâtre des opérations depuis le Trentin à l'Istrie et permettent de suivre les communiqués officiels dans toutes leurs indications. L'ensemble de ces cartes, et plus spécialement des six dernières, exécuté par M. A. Dardano, a été tiré d'une façon tout à fait remarquable, qui fait grand honneur à l'Institut géographique De Agostini.

1. Voir la *Revue générale des Sciences*, t. XXIII, 1912, page 827.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 13 Juin 1916

1° Sciences mathématiques. — M. G. **Bigourdan** : *Sur la découverte de la visibilité des astres en plein jour et les travaux de Gassendi.* L'auteur, qui avait récemment attribué cette découverte à J. Gaultier, montre qu'elle est due en réalité à Peiresc. M. Bigourdan donne également des renseignements sur la vie et les travaux de Gassendi, astronome français de la même époque. — M. **B. Baillaud** : *Détermination de la différence de longitude entre les Observatoires de Paris et de Washington.* L'auteur indique les résultats des expériences d'enregistrement photographique des signaux de t.s.f. émis par la Tour Eiffel, à Paris et à Arlington, par M. Abraham. Ces résultats donnent pour la différence de longitude des deux Observatoires de Paris et Washington la valeur $5^h 17^m 36^s, 682$, légèrement différente de celle obtenue par la méthode des coïncidences (mission américaine : $36^s, 658$; mission française $36^s, 651$). M. Baillaud estime que, pour des déterminations de longitudes à de très grandes distances, étant donné qu'il est fort difficile de compter sur quelque précision lorsqu'il s'agit d'apprécier des coïncidences de sons de longueurs très différentes, la seule méthode qui actuellement puisse être employée avec succès est celle de l'enregistrement photographique.

2° Sciences physiques. — M. **C. Chéneveau** : *Sur une balance densimétrique à lecture directe.* Cette balance permet d'obtenir instantanément par simple lecture la densité d'un liquide comprise entre 0 et 2,5 à une unité près du 3e ordre décimal. Elle consiste en principe en un fléau coudé, sur lequel l'action d'un poids équilibreur compense les effets combinés du poids d'un flotteur en verre, de 10 cm^3, plongeant dans le liquide dont on veut déterminer la densité, et de la poussée qu'il subit. L'une des extrémités du fléau porte un plateau, l'autre extrémité une aiguille qui se déplace sur un cadran, divisé en 100 parties égales, dont les limites correspondent à la position d'équilibre dans l'air (0) et dans l'eau à 15° (1). Le cadran divisé qui permet de déterminer les densités de 0 à 1 sert aussi à obtenir les densités de 1 à 2 et de 2 à 2,5, en ajoutant pour chaque nouvelle partie de l'échelle un poids de 10 gr. du côté du flotteur. — M. **Zenghelis** : *Sur la synthèse de l'ammoniac.* L'auteur a cherché à réaliser la synthèse de l'ammoniac à température ordinaire ou peu élevée par N et H pris à l'état atomique. En employant H à l'état atomique en présence d'eau acidulée, on obtient une certaine quantité de NH^3 avec le palladium ou l'argent colloïdal; en employant N à l'état atomique, on observe une production moindre de NH^3. La quantité d'ammoniaque produite est beaucoup plus grande lorsqu'on emploie simultanément les deux gaz à l'état atomique, et cela surtout en présence de Pt ou de Pd colloïdal. — M. **W. Broniewski** : *Sur l'emplacement de la martensite dans le diagramme fer-carbone.* L'auteur considère la martensite comme une solution solide du carbone dans le fer α, stable à basse température, mais apparaissant aussi à l'état d'équilibre instable comme forme la plus voisine de l'austénite. — M. **F. Zambonini** : *Quelques observations sur la composition des apatites.* En fondant le phosphate tricalcique avec Na Cl, l'auteur a obtenu des cristaux possédant des caractères différents de ceux de l'apatite chlorée $3\,Ca^3\,(PO^4)^2.\,Ca\,Cl^2$, et qui sont constitués par une solution solide du sel double caractéristique du groupe de l'apatite avec un de ses composants. De nombreuses apatites naturelles paraissent former des solutions solides analogues.

3° Sciences naturelles. — M. **C. Sauvageau** : *Sur les glandes à mucilage de certaines Laminaires.* L'auteur a étudié les cellules brunes signalées par Okamura chez les *Undaria* et décrites par Yendo sous le nom de « glandes à mucilage ». Des cellules analogues se retrouvent sur les plantules monostromatiques d'*Alaria esculenta*. La substance qu'elles renferment est du fucosane, dont la transformation en mucilage est possible, mais non prouvée, malgré l'identité d'action de certains réactifs colorants.

Séance du 19 Juin 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Verschaffel** : *Procédé nouveau pour l'étude des traits d'un cercle.* Il est admis et démontré que, dans l'étude des traits d'un cercle, on peut prendre deux traits quelconques diamétralement opposés (un diamètre) comme origine sans erreur des divisions, à condition de lire toujours deux microscopes opposés. L'auteur démontre qu'on peut prendre, comme étant sans erreur, autant de diamètres qu'on a de paires de microscopes installées sur le cercle, à condition cette fois de lire toujours autant de paires de microscopes qu'on veut se garantir de diamètres sans erreur. — M. **B. Galitzine** : *Sur la localisation de l'épicentre d'un tremblement de terre.* L'auteur montre que, en moyenne, pour 18 % de tous les tremblements de terre enregistrés à Poulkowo, on a pu déterminer l'azimut par sa méthode de localisation des épicentres (voir p. 418); cette méthode n'est donc pas d'une application exceptionnelle. Elle a été employée en 1914 et 1915 dans toutes les stations sismiques de premier ordre du réseau russe : Poulkovo, Tiflis, Tashkent, Irkutsk, Ekaterinburg et Makeevka. Malgré l'extrême diversité d'origine des sismes observés, depuis la mer Ionienne, l'Arménie, le Turkestan, les îles de la Sonde, le Japon..., jusqu'à la Nouvelle-Guinée, à une distance d'environ 12.000 kilom. de Poulkovo, l'accord entre les valeurs de ρ et λ données par différentes stations est en général des plus satisfaisants.

2° Sciences physiques. — M. **G. Bigourdan** : *Sur la propagation du son à grande distance dans l'atmosphère libre.* L'auteur a entendu le 11 juin le bruit de la canonnade du front à Wissous, à 10 km. au sud de Paris. Il serait bon de généraliser cette observation, en vue d'élucider certains problèmes de la propagation du son à grande distance dans l'atmosphère, en particulier celui des zones de silence. Dans ce but, l'auteur propose un programme détaillé d'observations : heure, intensité, lieu, force et direction du vent. — M. **G. Bourguignon** : *Mesures de résistances par les décharges de condensateurs, en se servant d'un milliampèremètre sensible comme galvanomètre balistique.* L'auteur montre qu'il est possible de faire des mesures de résistances avec une erreur maxima de 4 %, au moyen des condensateurs et d'un milliampèremètre à cadran utilisé comme balistique, pourvu qu'il soit très sensible et employé dans des limites déterminées. Les résistances liquides impolarisables et les électrodes impolarisables n'apportent, dans les conditions indiquées, aucune cause d'erreur dans la mesure des résistances par le procédé précédent. — M. **S. Posternak** : *Sur les isomères $T_{7:8}$ et $T_{5:6}$ de l'acide stéarolique.* L'auteur a préparé ces acides en utilisant l'isomérisation par déplacement de la triple liaison à droite et à gauche, lors du traitement des dérivés diiodhydriques d'un des acides stéaroliques par la potasse alcoolique. L'acide $T_{7:8}$ cristallise en prismes incolores fondant à 49°, 25, l'acide $T_{5:6}$ en lamelles nacrées fondant à 52°, 5; les acides élaïdiques correspondants fondent à 45°, 5 et 47°, 5. — M. **A.-Ch. Hollande** : *Pouvoir anticoagulant des colorants acides*

d'aniline vis-à-vis des matières albuminoïdes. Les colorants acides d'aniline peuvent se combiner avec les matières albuminoïdes en formant des acido-albumines colorées; celles-ci ne sont pas coagulées à la température de l'ébullition, ni même après stérilisation à l'autoclave à 120°, pendant 20 minutes. En mélangeant une matière albuminoïde soluble en proportion déterminée à un colorant acide, on obtient par l'action de la chaleur non plus un milieu liquide, mais une gelée transparente qui peut être portée à 120° sans changer de caractère. Le choix d'un colorant acide non toxique permet d'obtenir ainsi des milieux de culture utilisables en bactériologie. La propriété qu'ont les colorants acides de se combiner avec les matières albuminoïdes tend à faire admettre que les colorations obtenues en histologie avec ces derniers doivent être considérées comme le résultat de réactions physico-chimiques (éosinophilie, acidophilie) et non comme un phénomène purement physique (adsorption, dissolution, etc.).

3° Sciences naturelles. — M. **M. Dalloni** : *Le Bartonien marin dans les Pyrénées.* L'auteur montre que la mer s'étendait largement à l'époque bartonienne au pied des Pyrénées et communiquait sans doute vers l'Est avec les régions méditerranéennes. Les Pyrénées françaises, auxquelles s'était soudé le massif aragonais, émergèrent complètement après le Lutécien; sur le versant espagnol, les restes morcelés du bassin nummulitique ont persisté jusqu'à la fin de l'Eocène moyen. — M. **de Lamothe** : *Les anciennes lignes de rivage du bassin de la Somme et leur concordance avec celles de la Méditerranée occidentale.* L'auteur a trouvé dans le bassin de la Somme des preuves de l'existence de quatre lignes de rivage dont les altitudes sont représentées approximativement par les nombres 103 m., 56-59 m., 32 m. et 16-18 m. A chacune des trois dernières correspond une nappe alluviale distincte. Ces lignes de rivage sont identiques à celles dont l'auteur a démontré l'existence en Algérie et, pour les trois plus basses, dans la vallée du Rhône. Cet ensemble de données conduit à admettre que, dans la Manche comme dans la Méditerranée, la mer, pendant le Post-Pliocène, a été notablement plus élevée qu'aujourd'hui, et que l'abaissement de la ligne de rivage jusqu'au niveau actuel s'est effectué, du moins à partir du niveau de 103 m., par une série d'*oscillations eustatiques*, alternativement positives et négatives; le rythme a été le même dans les deux mers. Les mouvements négatifs ont été instantanés ou très rapides, les mouvements positifs extrêmement lents. Ce sont ces oscillations qui ont déterminé, dans la zone du profil d'équilibre, des alternatives de creusement et de remblai. — M. **A. Chauveau** : *Précisions nécessaires à faire ressortir dans l'étude de la tuberculose du personnel des débits de vin parisiens.* L'alcoolisme est sans influence sur l'éclosion de la tuberculose. En effet, les cas constatés chez le personnel des débits de vin se rencontrent chez les sujets qui ont voulu et su se prémunir contre tout empoisonnement alcoolique aussi bien que chez ceux qui ont été profondément débilités par l'alcoolisme. Mais la tuberculose implantée sur ces derniers sujets s'y montre particulièrement grave, en raison de leur état de moindre résistance à l'action destructive du virus tuberculeux. La tuberculose qui sévit sur les exploitants des débits est due à l'action des germes dont sont infestés tous ces débits, les plus riches comme les plus humbles : germes semés en grande quantité par les clients tuberculeux qui y foisonnent et créent, dans ces salons du pauvre, une déplorable insalubrité.

Séance du 26 Juin 1916

M. **Ramon y Cajal** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie. — M. **A. Morat** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et de Chirurgie.

1° Sciences physiques. — M. **C. Benedicks** : *Détermination du pouvoir thermo-électrique au moyen du galvanomètre différentiel.* L'auteur montre que la détermination exacte du pouvoir thermo-électrique comme fonction de la température et, généralement, de la différence de température instantanée entre deux points d'un corps bon conducteur, est beaucoup facilitée par l'emploi de deux couples thermo-électriques reliés aux circuits d'un galvanomètre différentiel.

2° Sciences naturelles. — M. **Paul Choffat** : *Sur le volcanisme dans le littoral portugais au nord du Tage.* Dans le littoral portugais, entre Lisbonne et Torres Vedras, il existe, en stratification discordante entre le Turonien et le Burdigalien marin, un complexe de roches basaltiques surmonté d'un massif d'argiles rouges avec conglomérats. La nappe basaltique est formée par une alternance de coulées de lave et de couches irrégulières, plus ou moins stratifiées, provenant en partie de matériaux de projection, en partie de dépôts de matériaux charriés par les eaux. Le basalte présente une structure variant de la roche compacte, presque vitreuse, à la roche à gros grains; il offre parfois l'aspect de gros prismes irréguliers. Il se décompose en roches bigarrées ou en roches grises, ou bien en terres noirâtres. — M. **S. Stefanescu** : *Sur l'origine des figures losangiques des lames dentaires d'Eléphants loxodontes.* Les figures losangiques proviennent de l'usure des tubercules congénères, ramifiés et infléchis, des collines dentaires des molaires. L'alternance des tubercules congénères, due à l'inégalité de croissance des deux moitiés longitudinales de chaque molaire, conduit l'auteur à admettre que c'est dans le groupe des Mastodontes bimolophodontes qu'on doit chercher l'origine du genre *Elephas* et non pas dans le groupe des Mastodontes zygolophodontes. Il admet les deux phyllums suivants, basés uniquement sur la similitude des collines et des lames dentaires :

Mastodontes → bimolophodontes — *Elephas*,
Mastodontes → zygolophodontes — *Stegodon*.

— M. **Ch. J. Gravier** : *Sur l'incubation chez l'*Actinia equina *L. à l'île de San Thomé (golfe de Guinée).* Chez la plupart des exemplaires d'*Actinia equina* recueillis à San Thomé, l'auteur a trouvé, à l'intérieur de leur cavité gastro-intestinale, des embryons et des jeunes à des stades très variés de développement. Quelques-uns de ces jeunes contenaient eux-mêmes plusieurs embryons plus ou moins développés. Il semble qu'on soit ici en présence de trois générations emboîtées l'une dans l'autre. Toutefois, il se peut aussi que les jeunes embryons, qui vivent à l'intérieur d'individus plus évolués et eux-mêmes en incubation, soient de la même génération que ceux-ci, à l'intérieur desquels ils auraient pénétré à un stade précoce de leur développement. L'*Actinia equina*, à San Thomé, incube plus lentement que les jeunes dans les eaux tempérées de nos régions. — M. **L. Landouzy** : *Prédispositions innées ou acquises, en matière de contagion tuberculeuse.* L'auteur signale un certain nombre d'états organiques et fonctionnels, innés ou acquis, qui prédisposent à la tuberculose : intoxication alcoolique ; type vénitien (peau blanche, iris bleu, cheveux rouges, blonds ou roux); individus trachéotomisés dans l'enfance ; variolisés, etc.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 20 Juin 1916

MM. **A. Chantemesse** et **A. Grimberg** : *Les fièvres typhoïdes intriquées.* 1° La fièvre typhoïde commune n'est pas toujours due à l'invasion pure et simple du bacille d'Eberth. Bien que ce germe en constitue la cause la plus importante et la plus grave, souvent intervient d'emblée, ou au cours de l'évolution de la maladie, une infection concomitante des paratyphiques A et B. A l'aide d'une technique appropriée, l'hémoculture décèle la présence de plusieurs germes typhoïdes et l'examen du sérum celle de diverses agglutinines spécifiques dues à ces germes et distinctes des co-agglutinines

de groupe. 2° La comparaison de la courbe de la température des malades et des courbes des agglutinines spécifiques de leur sang montre l'influence exercée sur l'évolution thermique par l'invasion de nouveaux germes typhoïdes. A cette invasion secondaire peuvent être souvent rattachées les oscillations thermiques dites réitérations, rechutes, stade amphibole, etc. 3° La guérison de la fièvre typhoïde commune confère d'habitude une immunité antiéberthienne qui s'étend à l'une ou aux deux paratyphoïdes. Au contraire, la vaccination contre le seul bacille d'Eberth n'entraîne pas une immunité aussi générale. La raison de ce fait réside vraisemblablement dans la plurispécificité de la dothiénentérie ordinaire, opposée à la monospécificité de la vaccination anti-éberthienne. 4° La méthode de vaccination avec le vaccin chauffé mixte, à dose à peu près égale des trois germes typhoïdes, est donc tout à fait légitime. 5° L'hémoculture pratiquée au cours de la fièvre typhoïde ne donnant des résultats positifs que dans la moitié des cas environ, le procédé de choix pour le diagnostic de cette maladie est la recherche et la surveillance de la courbe des agglutinines par la méthode macroscopique et mensurative à l'aide d'émulsions titrées des bacilles typhiques et paratyphiques. 6° La présence dans le sang d'un malade d'une agglutinine due à une fièvre typhoïde antérieure ou à une vaccination préventive antérieure n'apporte aucune entrave au diagnostic par l'emploi de cette méthode, car la courbe d'une telle agglutinine reste invariable, tandis que la courbe de l'agglutinine d'une maladie en évolution subit les phases ordinaires d'ascension et de descente. 7° Lorsque le diagnostic d'une infection typhoïde plurispécifique est porté, le vaccin dilué utilisé dans la thérapeutique de cette maladie doit être mixte.

Séance du 27 Juin 1916

MM. **Perroncito** (de Turin) et **Kitasato** (de Tokio) sont élus Associés étrangers.

L'Académie poursuit la discussion du Rapport sur la lutte contre les maladies vénériennes et la syphilis et en adopte, avec quelques légères modifications, les quatre dernières conclusions (voir p. 419). — MM. **A. Gigon** et **Ch. Richet fils**: *Analyse bactériologique des huîtres vendues à Marseille.* Les auteurs ont pratiqué l'analyse bactériologique des huîtres vendues à Marseille. Ils y ont trouvé une quantité considérable de microbes (en particulier de colibacilles), non seulement dans le jus, mais également dans le pallium et la masse intestinale. Cette contamination s'opère soit dans les parcs des environs, près desquels débouchent des égouts particuliers, soit dans le vieux port où sont placées le soir les huîtres non vendues dans la journée et qui seront débitées le lendemain, et qui est infecté par les navires en rade. L'interdiction de la vente des huîtres et coquillages, du 14 août au 24 décembre 1914, a coïncidé avec un fort abaissement des cas de typhoïde dans un des grands hôpitaux de Marseille, ce qui démontre bien la nocivité des huîtres. Les auteurs préconisent donc la réglementation des parcs à huîtres et l'interdiction de les maintenir ou de les établir à l'embouchure des égouts.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 17 Juin 1916

M. **M. Athias**: *Sur le déterminisme de l'hyperplasie de la glande mammaire et de la sécrétion lactée.* Les ovaires provenant soit de femelles adultes non vierges, soit de femelles jeunes et encore vierges, greffés chez des cobayes mâles châtrés, se sont montrés, au moment de l'entrée de la glande mammaire en activité sécrétoire, essentiellement constitués par des follicules de De Graaf très abondants et à tous les stades de leur évolution, les uns normaux, les autres frappés d'atrésie et à thèque très hypertrophiée, et par une glande interstitielle assez développée (corps jaunes atrésiques et îlots cellulaires), au sein d'un stroma conjonctif qui se confond avec les tissus environnants. C'est aux cellules en voie de transformation en éléments interstitiels proprement dits, plutôt qu'aux cellules folliculeuses, qu'il est légitime d'attribuer l'élaboration des produits spécifiques déterminant l'accroissement des acini de la mamelle. — MM. **L. Tarassevitch**, **L. Alexina**, **H. Glotova** et **A. Fedorovitch**: *Vaccination mixte contre la fièvre typhoïde et le choléra.* Les auteurs ont pratiqué cette vaccination mixte sur 25.000 soldats aux environs de Moscou. Pratiquement supérieure au point de vue de la rapidité et de l'économie de temps et de travail, la vaccination mixte s'est montrée aussi bénigne, quant aux réactions qu'elle provoque, que la vaccination antityphique simple, et aussi active au point de vue de la production des anticorps, donc très probablement au point de vue de l'immunité qu'elle confère. C'est donc cette vaccination mixte qu'il faut préférer, surtout en temps de guerre, quand on veut prévenir plusieurs maladies. Enfin, c'est le vaccin chauffé qui semble le plus facile à manier et le plus inoffensif. — MM. **P. Courmont** et **Chattot**: *Succession chez un même sujet des septicémies paratyphoïdes B et A et des séro-réactions agglutinantes spécifiques.* Les auteurs ont constaté que les infections paratyphoïdes B et A, avec infection sanguine prouvée par l'hémoculture, peuvent se succéder chez un même sujet vacciné contre la fièvre typhoïde. Le pouvoir agglutinant du sang peut se développer à des degrés assez élevés vis-à-vis du bacille spécifique dans chacune des deux maladies, et les deux courbes d'agglutination se succéder et évoluer indépendamment l'une de l'autre. Le pouvoir agglutinant sur le bacille d'Eberth dû à la vaccination antérieure a été réactivé seulement par la première infection (B) passagèrement et à un faible taux; il n'a pas de valeur diagnostique chez les vaccinés. Mais le séro-diagnostic paratyphique (précoce ou rétrospectif) garde, dans tous les cas analogues, toute sa valeur pratique, à condition de répéter les séro-réactions limites pour chaque bacille pendant et après la maladie. — M. **Ed. Retterer**: *De l'évolution morphologique de l'urètre masculin.* L'urètre apparaît sous la forme d'une lame épithéliale, puis d'une fente *verticale*. Grâce à la jonction et à la convergence des replis uro-génitaux, il prend une configuration *losangique*. Sur l'urètre pénien, et sur l'urètre post-glandaire, les angles supérieur et inférieur du losange s'effacent et l'urètre figure une fente *transversale*. Vers le gland, l'angle supérieur seul persiste (branche verticale du T renversé) et souvent il s'isole de la branche horizontale par la formation d'une cloison conjonctive transversale (*sinus de Guérin*). Dans la fosse naviculaire, enfin, l'urètre conserve sa forme primitive, qui est celle d'une fente *verticale*. — M. **H. Vincent**: *La vaccination des albuminuriques avec le vaccin mixte T. A. B. (antityphoïdique et antiparatyphique A + B) stérilisé par l'éther.* L'auteur conclut de ses essais que le vaccin triple T. A. B. stérilisé par l'éther n'a pas d'action sur le parenchyme rénal sain et que, chez 141 sujets jeunes ayant une albuminurie avec coagulum, ou ayant seulement des traces d'albumine dans l'urine, mais sans signe d'insuffisance rénale ou d'hypertension, non seulement l'albuminurie n'a pas augmenté de fréquence, mais encore elle n'existait plus 8 à 15 jours après la vaccination complète chez près de 85 % d'entre eux. Chez ceux qui, au nombre de 21, ont conservé de l'albumine dans l'urine, la quantité d'albumine n'a pas augmenté. — MM. **M. Weinberg** et **P. Séguin**: *Le* B. fallax *et la gangrène gazeuse.* Le *B. fallax* est fréquent dans les plaies de guerre. Il représente une des quatre espèces pathogènes principales de la gangrène gazeuse (*B. perfringens*, *B. œdematiens*, vibrion septique, *B. fallax*). Le plus souvent localisé dans les tissus au voisinage de la plaie, le *B. fallax* peut envahir l'organisme, passer dans le sang et donner lieu à une septicémie. Les auteurs l'ont trouvé deux fois dans le sang des malades, associé au *B. perfringens*. Dans un des cas où la septicémie à *B. perfringens* a cédé au traitement sérique, le

malade a succombé à une broncho-pneumonie causée par le *B. fallax*. — M. **M. de Kervily** : *Le chondriome des cellules de Langhans du placenta humain*. A tous les stades de la grossesse, les cellules de Langhans possèdent un chondriome présentant les mêmes caractères. Les cellules de Langhans ont une sécrétion du type alternant. Ces cellules, au point de vue de leur chondriome, ne sont pas polarisées; elles fonctionnent comme des cellules des glandes à sécrétion interne, mais d'une variété particulière, car elles reçoivent leurs matières premières de deux côtés différents : du syncytium et du stroma conjonctif, et chacun de ces deux tissus reçoit leurs produits de sécrétion.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 2 Juin 1916

MM. **M. de Broglie** et **Brizard** : *Sur la répartition de l'énergie dans le spectre émis par les anticathodes usuelles employées en radiographie*. On sait que les spectres émis par les tubes à rayons X se composent d'un fond continu plus ou moins prononcé, et de raies caractérisant le métal de l'anticathode. M. de Broglie a mis en évidence, du côté des courtes longueurs d'onde, l'existence de deux bandes intenses qui se retrouvent avec des dispositions analogues dans les spectres émis par des anticathodes de divers métaux et qui sont dues vraisemblablement à une absorption sélective du brome et de l'argent de l'émulsion. Comme la première bande, la plus intense, comprend la partie la plus pénétrante du rayonnement, ce sont les radiations qu'elle contient qui jouent le rôle principal dans la photographie à travers des milieux absorbants. Les raies caractéristiques de la série L des anticathodes usuelles (Tu ou Pt) sont d'un type déjà fort absorbable, et ne jouent qu'un rôle insignifiant dans les radiographies ordinaires (1^{mm} de verre suffit à les arrêter). On admet généralement que l'efficacité d'une anticathode comme radiateur dépend surtout du poids atomique du métal qui la compose et croît avec lui, comme l'ont montré en particulier les mesures d'ionisation effectuées par Kaye. La comparaison des spectres de deux tubes identiques (tubes Pilon) l'un à platine, l'autre à tungstène, montre que ce résultat ne s'étend pas aux raies caractéristiques. Le platine et le tungstène ont, en effet, des poids atomiques très voisins; mais l'examen de leur spectre montre que le rapport entre l'intensité des raies caractéristiques et celle des spectres continus est notablement différent. La première bande pénétrante, agent principal de l'impression radiographique, semble au moins aussi intense dans le spectre du tungstène que dans celui du platine, tandis que les raies du platine sont émises avec une intensité notablement supérieure à celles du tungstène. Les raies caractéristiques dont on vient de parler sont celles de la série L. M. de Broglie a récemment montré que les raies K des métaux lourds sont également présentes; elles se réfléchissent, sur les faces cubiques du sel gemme, à 2°04′ pour le doublet α_k du tungstène et à 1°50′ pour la radiation correspondante du platine. A ce propos, M. de Broglie signale qu'un point très intéressant est de savoir, d'une part, jusqu'où se prolonge la série K des métaux lourds au delà du platine et, d'autre part, quelle est la limite vers les hautes fréquences du spectre émis par une anticathode donnée (par exemple le tungstène, sous 90.000 volts). Ces deux questions peuvent être abordées simultanément par la méthode suivante : les photographies de spectres, obtenues par le procédé du cristal tournant, débutent du côté des faibles longueurs d'onde par une bande intense s'étendant depuis l'origine jusqu'à 5° et formant, dans cette région, un fond continu sensiblement constant. Si l'on interpose, sur la fente du spectrographe, un écran contenant un élément dont les raies K viendraient tomber à l'intérieur de cette bande (c'est-à-dire un corps de poids atomique supérieur à celui de l'argent), il se produit[1] une bande d'absorption, à début très net vers les grandes longueurs d'onde, et qui se détache sur le fond continu dont il vient d'être question. En employant successivement des écrans à poids atomiques croissants, la bande d'absorption se déplace régulièrement vers les courtes longueurs d'onde, en restant toujours un peu au-dessous (quelques minutes d'angle de réflexion sur le sel gemme) de la raie β_k de l'élément interposé. C'est ce que l'on peut aisément vérifier sur les corps dont les raies K sont connues (baryum, bande à 3°17′; étain, bande à 4°21′, etc.). En dépassant le platine, on tombe sur des éléments dont les raies K ne sont pas encore connues; s'ils continuent à donner leur bande d'absorption, on pourra suivre ainsi indirectement leur radiation K, en mettant, du même coup, en évidence, dans le rayonnement étudié, la présence de rayons ayant les longueurs d'onde correspondantes. L'expérience paraît confirmer cette manière de voir et, quoique l'opération soit un peu délicate, on peut noter[1] des têtes de bandes à 1°25′ pour le mercure, 1°22′ pour le thallium, 1°20′ pour le plomb, 1°17′ pour le bismuth. Avec le thorium et l'uranium, les difficultés, provenant de la pénétration des rayons et de la faiblesse de l'angle de réflexion, ne permettent pas de conclure. L'absorption très nette, exercée, par exemple dans le cas du baryum, sur les radiations de la bande intense qui contient la majeure partie des rayons utilisés en radiographie, permet de montrer que l'interposition d'un écran peut rendre le rayonnement *moins pénétrant* en moyenne que sans filtration, puisque l'absorption sélective s'exerce vers les courtes longueurs d'onde[2]. En choisissant un élément (baryum, étain, cadmium) dont la bande d'absorption couvre presque toute la bande d'émission 0°—5° de l'argent de l'émulsion, en ne laissant qu'une portion étroite du côté de 5°, on délimite un spectre presque monochromatique, dans une région où l'action photographique est intense.

1. Voir *Comptes rendus*, t. CLVIII, 1914, p. 1493.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section d'Edimbourg

Séance du 19 Avril 1916

M. **J. Hendrick** : *La valeur des Algues marines comme matières premières pour l'industrie chimique*. Les tiges de *Laminaria digitata* et de *Laminaria stenophylla* sont les substances qui ont le plus de valeur parmi les Algues qui croissent sur les côtes anglaises. Elles sont riches à la fois en potasse et en iode et peuvent former la base d'une industrie chimique permanente. Les frondes de ces deux algues ont aussi quelque valeur, mais ne sont pas aussi riches en potasse que les tiges. La potasse et l'iode peuvent être presque complètement extraits des Laminaires en solution, après que celles-ci ont été chauffées sous pression à 150° C. L'iode peut être distillé facilement de la solution, mais la récupération des sels de potasse est plus difficile à cause de la grande quantité de matière organique dissoute. Dans la préparation habituelle des cendres potassiques, il y a de grandes pertes de potasse et d'iode, dues surtout à la lixivation par la pluie; aussi la dessiccation devrait toujours se faire à couvert. Durant la combustion des algues, si la température est élevée et que du sable est présent, il peut y avoir également des pertes sérieuses d'iode et de potasse soluble. Pour éviter la présence de sable, il faudrait essayer de récolter les Algues en pleine mer et non sur la côte. Les *Fucus* ne sont pas aussi riches en potasse que les Laminaires, et très pauvres en iode.

1. Dans le rayonnement d'un tube Coolidge à environ 90.000 volts.
2. *Cf.* « Passages sur l'absorption » dans le récent ouvrage de M. Bragg.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 15-16 15-30 AOUT 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

L'atmosphère de Mars. — Il est inutile d'insister sur l'importance des connaissances relatives à l'atmosphère d'une planète pour se rendre compte des possibilités de vie végétale ou animale sur cette planète. L'étude de l'atmosphère de Mars a été possible grâce au télescope et au spectroscope et a été menée activement en ces vingt dernières années.

Au point de vue vital, les constituants principaux de l'atmosphère semblent bien être la vapeur d'eau et l'oxygène, sans qu'il faille négliger absolument l'azote et les éléments rares découverts par Ramsay.

C'est assez récemment qu'on a obtenu la preuve spectroscopique de l'existence de l'oxygène et de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de Mars, bien que l'on ait déjà eu des raisons télescopiques d'y croire. Sir William Huggins et Vogel avaient tous deux cru constater l'existence de la vapeur d'eau, mais des appareils plus délicats, employés dans des conditions meilleures, ont prouvé que les moyens utilisés par ceux-ci ne permettaient pas de décider de la question. M. P. Lowell a exposé dans *Scientia*[1] les recherches définitives entreprises sur ce sujet.

« C'est dans l'hiver de 1908 que M. V.-M. Slipher, de l'Observatoire Lowell, obtint pour la première fois des spectrogrammes montrant une intensification de la raie *a* dans le spectre de Mars comparé à celui de la Lune. La différence de ton est parfois si nette qu'elle saute aux yeux, même les moins exercés, à la vue du spectrogramme. La raie *a* est la principale raie due à la vapeur d'eau dans notre propre atmosphère; on en observe sans peine les changements diurnes, même avec le spectroscope à main, constatant qu'elle est très faible à midi, au zénith, et, par contre, étonnamment prononcée, près de l'horizon, au coucher du Soleil, ce qui tient à l'épaisseur plus grande de la couche de vapeur d'eau traversée par la lumière ».

La Lune a peu d'air ou n'en a pas ; par suite, le spectre de la lumière qu'elle réfléchit ne contient que les raies d'absorption produites par la couche gazeuse entourant le Soleil, et par notre propre atmosphère. Dans le cas de Mars, la lumière du Soleil doit en traverser deux fois l'atmosphère, si elle existe, avant d'atteindre la limite extérieure de la nôtre; aux effets des atmosphères terrestre et solaire s'ajoute donc celui de l'atmosphère de Mars. Toute différence dans les spectres de la Lune et de Mars doit donc être d'origine martienne.

Il est essentiel, en pareille recherche, d'opérer avec un minimum de vapeur d'eau dans notre propre atmosphère; car, en désignant respectivement par A et B les quantités de vapeur d'eau martienne et terrestre on voit que l'on compare A + B à B. Si B est très important et A très faible, on compare deux choses presque identiques, qu'il est très difficile de distinguer l'une de l'autre. Aussi y a-t-il intérêt à opérer dans des conditions où B est le plus faible possible, c'est-à-dire dans une région désertique et en hiver.

Ces deux conditions ont été réalisées dans les observations de M. Slipher. L'importance de l'humidité terrestre ressort très nettement de l'examen des spectrogrammes ; dans ceux qui furent pris avec un air seulement modérément sec, la différence dans la raie *a* entre les spectres martien et lunaire est faible ; elle devient très évidente par temps très sec.

Les spectrogrammes de M. Slipher ont été ensuite mesurés au point de vue des intensités relatives des raies par le professeur Very, de l'Observatoire astrophysique de Westwood, au moyen d'un comparateur de raies spectrales combiné par lui à cet effet. M. Very trouve la raie *a* du spectre de Mars 4,47 fois aussi intense que celle du spectre de la Lune, alors que la ligne solaire C attribuée à l'hydrogène et non affectée par l'atmosphère tellurique était 0,955 fois aussi intense (bien entendu, la ligne C doit être pratiquement identique dans les deux spectres). « Ceci veut dire qu'il y avait 1,75 fois autant d'eau sous forme de vapeur dans l'air de Mars, à ce moment, qu'il y en avait au-dessus de Flagstaff, dans l'atmosphère terrestre. Mais il faut se rappeler que Flagstaff représente de l'air presque désertique et que l'atmosphère à ce moment était, en

1. *Scientia*, janvier 1916.

outre, exceptionnellement sèche. Ceci signifie, pour Mars, environ 1/3 ou 1/4 de la quantité moyenne pour la Terre. »

A la suite de perfectionnements introduits dans la technique, M. Very a pu mesurer non seulement la raie *a*, mais encore la raie tellurique B due à l'oxygène et révéler ainsi la présence de ce gaz dans l'atmosphère martienne. Il a pu également étudier le spectre en diverses régions de Mars et avoir ainsi quelques renseignements sur la répartition de la vapeur d'eau dans l'atmosphère de cette planète.

« Dans la moyenne de toutes les observations, indique M. Very, on voit que la raie C est d'intensité identique dans les spectres des deux corps, que B est de 24 °/o plus fort dans le spectre de Mars, et que l'intensification de la raie de la vapeur d'eau varie de 88 °/o à 13 °/o selon la région martienne couverte par la fente. Ce résultat confirme la supposition que les neiges en fusion des régions arctiques de Mars sont la seule source de la vapeur d'eau de l'atmosphère martienne, et que les régions équatoriales sont excessivement sèches, ce qui vient à l'appui de l'hypothèse des irrigations, du Dr Lowell. Il semble un peu surprenant, toutefois, qu'il n'y ait pas diffusion d'une plus grande quantité d'humidité sous forme de vapeur dans l'atmosphère chaude des tropiques. »

Ainsi, le spectroscope, confirmant les renseignements fournis par le télescope, nous indique la présence d'eau et d'oxygène sur la planète Mars, mais en même temps précise que ces deux constituants atmosphériques existent en quantités relativement faibles, en sorte qu'il faut admettre, suivant l'expression de M. Lowell, que « Mars est un désert, et presque abandonné ».

A. B.

§ 2. — Météorologie

Le froid dû au rayonnement terrestre et ses rapports avec la végétation. — M. G. Roster vient d'attirer l'attention[1] sur le fait que l'altitude à laquelle on place les observatoires météorologiques, leur exposition obligatoire au Nord, les abris dont on entoure les instruments pour les défendre des influences voisines, créent un milieu artificiel très différent de celui où vivent les plantes. Aussi les données que l'on y recueille sont-elles peu utilisables aux applications aux besoins de la vie végétale. Les déterminations faites dans un but agronomique (notamment celles des températures moyennes de la saison, du mois, du jour — des moyennes des extrêmes et des extrêmes absolus — des oscillations thermiques qui se produisent à intervalles rapprochés et donnent au climat son caractère de variabilité) devraient, au contraire, s'effectuer dans des conditions de chaleur, lumière, vent, humidité aussi égales que possible à celles où se trouvent les plantes.

D'après M. Roster, la meilleure manière de disposer les thermomètres ordinaires à maxima et minima, c'est de les mettre en plein air. Si l'on ne dispose que d'un instrument, il faut le placer à une hauteur de 1 m. ; si l'on en a deux, on placera le second à une hauteur de 2 m. ; si l'on en a un troisième, il serait très utile de le mettre sous des arbres de haute futaie, à une hauteur de 1 m. 50, pour déterminer dans quelle mesure ces arbres peuvent protéger du rayonnement terrestre les plantes placées sous leur couvert. Dans son jardin de l'Otonella (île d'Elbe), l'auteur a constaté qu'au thermomètre placé sous la dense frondaison d'un caroubier marque des températures minima supérieures de 3° à 4° à celles d'un autre thermomètre placé en plein air.

Dans le même jardin, de mars à septembre 1915, l'auteur observa les oscillations journalières de la température relevées à un thermomètre enregistreur placé à 50 cm. du sol, dans une position lui permettant de recevoir tant la chaleur des rayons solaires directs que celle que le sol réfléchit, c'est-à dire dans les conditions même où se trouvent les plantes. Ces observations accusèrent des écarts journaliers atteignant presque 40° C., ce qui confirme la grande élasticité d'adaptation des végétaux à de fortes variations de la température.

Dans une autre série d'observations effectuée de 1911 à 1915, M. Roster a cherché à déterminer le rayonnement terrestre dans la zone aérienne la plus en contact avec le sol. Un thermographe était placé en plein air à 50 cm. du sol ; un autre se trouvait à peu de distance à 1,4 m. du sol, tourné au Nord et protégé du Soleil et des effets du rayonnement terrestre. Cette disposition met facilement en évidence les différences dans l'abaissement de la température, spécialement dues au froid du rayonnement du matin. Des données ainsi relevées, l'auteur tire les conclusions suivantes :

1° Quand on expérimente en même temps avec deux thermomètres enregistreurs, l'un A placé à 1,4 m. du sol, l'autre B à 0,5 m., on observe que la température minimum journalière se maintient plus basse au thermomètre le plus près du sol. Cela se produit constamment, sans exception, dans une mesure toujours très manifeste.

2° La moyenne annuelle de 470 observations, déduite des moyennes mensuelles des minima, a été de 19°,2 au thermographe A et de 16°, 6 au thermographe B.

3° La moyenne annuelle des minima absolus mensuels a été de 15°,7 et 13° aux thermographes A et B.

4° Le minimum absolu des quatre années a été de 11°,6 et 6°,4 aux thermographes A et B.

Ces résultats prouvent d'une manière irréfutable quelle importance a, dans ses rapports avec la végétation, l'étude du phénomène du froid dû au rayonnement terrestre, qui est bien différent du refroidissement général de l'atmosphère et qui se produit dans les régions basses de l'air où vivent les plantes.

§ 3. — Physique

Le pouvoir inducteur spécifique des métaux. — On admet généralement pour le pouvoir inducteur spécifique des métaux une valeur infinie, sans qu'on ait soumis cette hypothèse au contrôle direct de l'expérience.

On a pu indirectement obtenir une valeur approchée du pouvoir inducteur spécifique des métaux :

1° L'expérience ayant montré que la formule indiquée par Lord Kelvin pour calculer le rapport des résistances des fils métalliques pour les courants continus et les courants de haute fréquence Rc/Rf est en désaccord avec l'expérience, M. Broca a montré, il y a quelques années[1], que l'introduction du pouvoir inducteur spécifique K, négligé dans le calcul de Lord Kelvin, permet de rendre compte des faits. Broca admet que l'on a :

$$K = 2A\frac{\tau}{\rho}$$

ρ désignant la résistivité exprimée en unités E. S., τ la période et A une constante qui varie avec la période, de 1,2 à 1,5 lorsque T croît de 3.10^6 à 10^{10}.

On obtient ainsi une valeur du pouvoir spécifique du cuivre égale à 10^{12} pour des fréquences de l'ordre de 3×10^6.

2° Lorsque le fer est soumis à une aimantation alternative rapide, les courants de Foucault qui se produisent dans la masse ont pour effet de localiser le flux à la périphérie ; il en résulte une diminution apparente de la perméabilité. J.-J. Thomson a donné des formules

1. *Atti della R. Accademia dei Georgofili di Firenze*, t. CLXIII, n° 1, p. 1-27 ; janv. 1916, résumé dans le *Bull. mens. des renseign. agric. de l'Inst. internat. d'Agriculture*, t. VII, n° 7, p. 999, auquel nous empruntons les renseignements ci-dessus.

1. *C. R.*, t. CXL, p. 1677; 1905; t. CXLI, p. 24, 1905; t. CXLII, p. 1328 ; 1906.

permettant de déduire cette perméabilité apparente de la perméabilité vraie qu'on aurait en courant continu.

Les valeurs ainsi calculées ne cadrant pas avec les valeurs expérimentales, M. Jouaust[1] a montré qu'on pouvait faire disparaître les divergences en introduisant le pouvoir inducteur spécifique K dans les calculs de J.-J. Thomson. Dans le cas de tôles au silicium de 0 cm. 045 d'épaisseur, ayant une résistivité de 45 microhms-centimètre, et une perméabilité apparente de 100 à la fréquence de 40.000, on trouve pour K, évalué dans le système E. S., des valeurs comprises entre 5×10^{12} et 3×10^{12}.

De même, dans le décalage entre la force électromotrice induite et le courant magnétisant, il existe un désaccord très net entre la théorie et l'expérience, désaccord qui disparaît, comme le montre M. Jouaust, par l'introduction du pouvoir inducteur spécifique. On trouve ainsi, pour la fréquence 40.000 et pour une résistivité de 45 microhms-centimètre, $K = 6 \times 10^{11}$.

3° Les nombres ainsi obtenus pour le pouvoir spécifique des métaux, qui sont du même ordre de grandeur, ne concordent pas avec ceux que fournit l'Optique.

Hagen et Rubens, en mesurant pour les grandes longueurs d'onde le pouvoir réflecteur des métaux, ont trouvé un bon accord entre leurs résultats et les valeurs déduites de la formule de Drude

$$r = 1 - 0{,}365\sqrt{\frac{\rho}{\lambda}}$$

(r pouvoir réflecteur, ρ résistance en ohms d'un fil de la substance de 1 mètre de longueur et 1 millimètre carré de section, λ longueur d'onde en microns). Ceci les a conduits à admettre que le pouvoir inducteur spécifique des métaux était de l'ordre de quelques unités.

M. Broca a contesté cette conclusion, à propos de laquelle M. Jouaust fait les intéressantes remarques que voici :

Si, dans le cas de la réflexion, les résultats expérimentaux concordent avec ceux obtenus en utilisant des formules qui ne tiennent compte que des courants de convection dans les métaux et en introduisant dans ces formules la résistivité mesurée en courant continu, il n'en est plus de même pour le cas de la réfraction ; c'est ce qui avait amené Lorentz à la conception d'électrons liés ou oscillateurs, c'est-à-dire, au fond, à la conception du pouvoir inducteur spécifique.

En outre, on sait que les pouvoirs inducteurs spécifiques des diélectriques, mesurés au moyen des oscillations hertziennes, sont, en général, notablement plus grands que ceux déduits par la loi de Maxwell des indices de réfraction mesurés pour les vibrations lumineuses. Ce n'est qu'à la température de l'air liquide que ces grandeurs semblent tendre vers la même valeur. Dans ces conditions, il n'est pas étonnant d'obtenir, avec des oscillations de l'ordre de 5×10^4 par seconde, des résultats différents de ceux que fournissent les oscillations de l'ordre du trillion. On doit, au contraire, s'attendre à trouver un pouvoir spécifique qui diffère notablement des valeurs usuelles lorsqu'on envisage des fréquences de l'ordre de celles de la lumière.

M. Jouaust formule également sur la nature du pouvoir inducteur spécifique des métaux une hypothèse qui mérite de retenir l'attention :

On peut évidemment supposer que ce pouvoir inducteur spécifique est dû à la présence, dans le métal, d'électrons libres à côté des électrons liés.

Mais M. Jouaust observe que tous les phénomènes de viscosité ou de traînage magnétique, très voisins des phénomènes précédents (pour l'explication desquels on a été amené à introduire la considérat on de K), se manifestent surtout dans les aciers électrolytiques très riches en hydrogène occlus. Les métaux, le fer surtout, sont de véritables éponges imprégnées de gaz. Et il est permis de supposer, pense M. Jouaust, que c'est dans ces gaz que se produisent les courants de déplacement qui se superposent au courant de conduction.

Sans doute, le pouvoir inducteur spécifique que l'on obtient est infiniment plus grand que celui de l'hydrogène, même sous de très fortes pressions, mais il importe de remarquer qu'on ne se trouverait pas en présence d'un condensateur ayant l'hydrogène pour diélectrique, mais plutôt dans le cas d'un condensateur dont le diélectrique serait rempli de poussières conductrices. On sait que, dans ce cas, on trouve un pouvoir inducteur spécifique beaucoup plus élevé que celui de la substance pure.

Cette conception du pouvoir inducteur spécifique des métaux n'est qu'une hypothèse. Mais elle met en évidence une influence possible des gaz occlus dont le rôle se manifeste dans beaucoup de phénomènes; on sait, par exemple, que la nature des gaz occlus dans un métal influe sur les phénomènes photoélectriques auxquels il donne naissance; on sait également que l'émission d'ions par un fil de platine incandescent diminue beaucoup lorsqu'on a fait préalablement subir à ce fil un traitement prolongé pour le débarrasser des gaz occlus.

Une comparaison avec la théorie des diélectriques précise les idées de M. Jouaust :

On sait que les diélectriques présentent des pertes, c'est-à-dire qu'à côté du courant de déplacement il semble se produire dans le diélectrique un courant de conduction. De même, il semble résulter des études de M. Broca et de celles de M. Jouaust qu'il faut envisager dans les métaux, à côté du courant de conduction, un courant de déplacement. Beaucoup d'hypothèses ont été faites pour expliquer les pertes dans les diélectriques; certains physiciens, en particulier Maxwell, attribuent les pertes à l'hétérogénéité des diélectriques; d'autres, comme tout récemment M. Décombe, y voient une propriété intra-atomique de la substance. Le rôle que M. Jouaust attribue aux gaz occlus dans les métaux se rapproche de l'hypothèse de Maxwell pour les diélectriques; mais, bien entendu, on peut faire d'autres hypothèses, et des expériences plus nombreuses sont nécessaires pour trancher la question.

A. B.

1. Communication faite à la *Société internationale des Electriciens*, le 2 décembre 1915.

Description d'un système fonctionnant comme une résistance électrique négative. — Quand on augmente le voltage appliqué aux bornes d'un conducteur, l'intensité augmente suivant la relation :

$$dV = R\,dI.$$

Mais il existe des systèmes pour lesquels un accroissement du voltage détermine une diminution de l'intensité, c'est-à-dire qui se comportent comme des résistances négatives. M. A. W. Hull[1] a appelé récemment l'attention sur un de ces systèmes.

Quand des électrons viennent frapper une plaque de métal disposée dans le vide, on sait qu'ils déterminent l'émission d'électrons secondaires (appelés quelquefois rayons δ). Cette émission secondaire croît avec la vitesse des électrons incidents et, pour une certaine vitesse, peut devenir supérieure au flux incident; en sorte que le métal sur lequel arrivent des électrons en perd finalement au lieu d'en absorber, et cette déperdition augmente avec la vitesse des électrons incidents jusqu'à être de 3 ou 4 électrons pour chaque électron primaire.

Si les électrons primaires proviennent d'un filament porté au rouge et que la vitesse avec laquelle ils frappent la plaque soit déterminée par une différence de potentiel entre le filament et la plaque, on voit qu'un accroissement de ce voltage entraîne une diminution du courant qui, par suite de l'effet Edison, est dirigé vers la plaque; autrement dit, la résistance du système : filament-plaque est négative.

Avec un dispositif constitué uniquement par un filament et une plaque, les électrons secondaires ne

1. *Physical Review*, t. VII, p. 141; janvier 1916.

s'éliminent pas, leur vitesse étant trop faible pour qu'ils puissent atteindre le filament et, après un court trajet, ils sont contraints de retourner au point d'où ils sont partis. Afin de les éliminer définitivement et de constituer la résistance négative qu'on vient d'indiquer, on fait intervenir un troisième conducteur perforé, qu'on dispose entre le filament et la plaque, et qui est maintenu à un potentiel constant supérieur à celui de la plaque (les ouvertures ont un diamètre suffisant pour permettre à une fraction importante des électrons primaires, issus du filament, de traverser le conducteur et de frapper la plaque).

Un très grand nombre de dispositifs de ce genre, construits sous forme de tubes, ont été étudiés par M. Hull. La variation du courant en fonction du voltage est représentée, pour tous, par une courbe ayant la forme de celle donnée dans la figure 1. Le courant est considéré comme positif lorsque l'électricité positive va

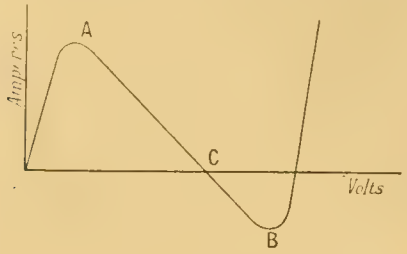


Fig. 1.

des potentiel élevés aux potentiels plus faibles, à travers l'espace vide. La portion AB de la courbe correspond bien à une résistance négative pour l'ensemble des voltages compris entre ses extrémités, et a pour équation :

$$(1) \qquad i = i_0 - \frac{V}{r},$$

ou, en mesurant le voltage v à partir du point C où la courbe coupe l'axe :

$$i = -\frac{v}{r}.$$

L'association de cette résistance négative à une résistance ohmique ordinaire constitue une combinaison très intéressante. Supposons qu'on dispose en série un tube à résistance négative et une résistance ohmique R et qu'on applique aux extrémités de l'ensemble une force électromotrice V. Si l'on désigne par v_r et v_R les différences de potentiel respectives aux extrémités de la résistance négative et de la résistance positive, par i le courant, on tire de l'équation (1) :

$$v_r = r\,(i_0 - i).$$

D'autre part, on a :

$$v_R = Ri;$$

D'où :

$$V = v_r + v_R = ri_0 + i\,(R - r)$$
$$= ri_0 + v_R \frac{R - r}{R},$$

et, par suite,

$$\frac{dv_R}{dV} = \frac{R}{R - r}.$$

Une légère variation de V entraîne une variation de v_R qui est amplifiée dans le rapport $\frac{R}{R - r}$. La résistance négative utilisée détermine une amplification du voltage qui peut être rendue aussi grande qu'on le désire à condition de prendre R et r très voisins. Dans les expériences préliminaires effectuées, on a obtenu des amplifications égales à 100, mais il n'y aurait, semble-t-il, aucune difficulté à les accroître jusqu'à 1.000 ou 10.000.

A. B.

§ 4. — Chimie industrielle

Recherches sur la structure de la laine. — D'après des recherches récentes de M. K. von Allworden[1], certaines des propriétés caractéristiques de la laine dépendraient de la présence, entre les écailles épidermiques et les cellules mêmes de la fibre laineuse, d'une substance particulière à laquelle il a donné le nom d'*elasticum*.

L'elasticum n'est autre chose qu'un hydrate de carbone, que l'auteur a isolé de la façon suivante : 500 gr. de laine dégraissée sont mouillés avec de l'eau chaude et plongés dans 8 litres de solution de soude caustique à 0,2 % pendant 24 h. à la température ordinaire. L'elasticum passe en solution avec un peu de matière protéique, dont on le sépare de préférence par dialyse. La solution est alors acidifiée à l'acide acétique et évaporée au bain-marie jusqu'à 200 cm³. On ajoute de l'acétate de sodium et de la phénylhydrazine et on chauffe au bain-marie bouillant. Au bout d'une heure environ, l'osazone de l'elasticum se sépare à l'état de petites aiguilles microscopiques, fondant à 188° C. et apparemment identiques à la galactosazone. Après la séparation des matières protéiques, l'elasticum réduit la solution de Fehling.

Non seulement les propriétés physiques de la laine, mais encore sa résistance chimique aux acides dépendent de la présence de l'elasticum. La présence ou l'absence de ce corps peut être décelée par l'examen microchimique de la fibre après action de l'eau de chlore. La laine est mouillée sur le porte-objet avec une goutte d'eau, puis on ajoute une goutte d'eau de chlore à demi saturée; on observe ensuite la préparation à un grossissement de 200.

Dans la figure 1, *a* représente la fibre laineuse normale; *b* montre la même fibre après traitement à l'eau

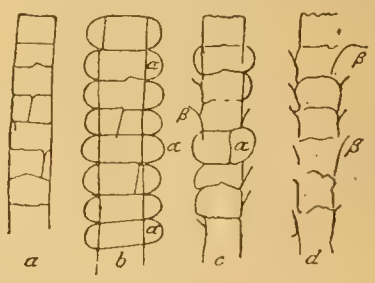


Fig. 1.

de chlore. L'action du chlore sur la substance de la fibre ou sur l'elasticum produit un gonflement de la couche située entre les écailles, avec apparition d'excroissances globuleuses caractéristiques α. En *c*, on a représenté une fibre ayant subi un traitement alcalin prolongé pendant le dégraissage, et qui a perdu une grande partie de l'elasticum; les gonflements α sont relativement peu nombreux, et à leur place on observe les écailles détachées β. La partie *d* montre une fibre totalement dépourvue d'elasticum et qui n'a plus aucune valeur. Dans le cas de laine teinte, la réaction est lente, mais l'elasticum incolore ressort très nettement contre la fibre colorée.

Les traitements alcalins sont la cause principale de dommages pour la laine, par perte d'elasticum; les laines fines sont plus facilement endommagées que les laines grossières. A part l'action de l'eau de chlore, il est très difficile de déceler les dommages subis par la laine : la fibre peut conserver son apparence normale et la résistance des tissus à la traction peut être très satisfaisante, mais ses qualités au foulage et à l'usure sont fortement altérées. Ces dommages peuvent être causés par le dégraissage, par la teinture en cuve alcaline, ou par lavage après teinture, et tous ces effets peuvent se combiner.

1. *Zeitschr. für angew. Chem.*, 1916, t. XXIX, p. 77-78.

§ 5. — Photographie

Fixage avant développement. — Il peut sembler absurde, à première vue, de vouloir fixer une photographie avant d'avoir développé l'image latente, puisque le fixage consiste à dissoudre le bromure d'argent non décomposé. Lorsqu'une plaque sensible impressionnée est directement traitée par l'hyposulfite de soude, la couche primitivement opaline devient complètement transparente; on n'y distingue pas la moindre trace d'image, et la gélatine paraît ne rien contenir qui soit susceptible de déceler l'action photochimique. Néanmoins, si paradoxale qu'elle soit, en apparence, cette méthode est non seulement possible théoriquement, mais peut encore, en pratique, recevoir quelques applications.

Elle résoudrait même, mieux que tout autre, le problème du développement en pleine lumière, si elle ne restait, jusqu'à présent, limitée aux plaques fortement surexposées (six à huit fois le temps de pose normal.)

La plaque est d'abord plongée, à l'abri de la lumière actinique, dans une solution d'hyposulfite de soude à 2 % seulement. Ce bain dissout le bromure d'argent beaucoup plus lentement que le fixateur habituellement employé à la concentration de 20 ou 25 %, mais ce dernier présente l'inconvénient de détruire les faibles demi-teintes. La dissolution exige de 30 à 40 minutes environ, suivant l'épaisseur et la dureté de la gélatine. On peut alors porter la plaque au grand jour, pour procéder au développement. Il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à remettre cette opération à plus tard : dans ce cas, il n'y a qu'à laver la plaque et à la laisser sécher.

L'image est révélée par *développement physique*, c'est-à-dire en mettant en présence de la couche impressionnée un réducteur et un sel d'argent soluble. Le révélateur contiendra, par exemple, du pyrogallol et du nitrate d'argent. Le pyrogallol décompose le nitrate d'argent, et l'argent ainsi précipité se dépose sur les points de la couche sensible qui ont reçu l'impression lumineuse, et en quantités d'autant plus fortes que l'impression a été plus intense. Les points impressionnés constituent donc autant de centres d'attraction pour le dépôt argentique, et ce phénomène attractif, d'ordre physique, se poursuit régulièrement, car les particules d'argent précipité forment à leur tour des centres d'attraction, qui renforcent de plus en plus l'image.

Le bain préparé au pyrogallol a l'inconvénient de se décomposer trop rapidement et de communiquer à la gélatine une teinte jaune brun, qui retarde le tirage des épreuves. Diverses formules ont été proposées pour utiliser d'autres agents réducteurs. Celle qui paraît fournir les meilleurs résultats est celle de M. Hashek. On prépare d'abord deux solutions :

A.	Eau distillée	100 cc.
	Nitrate d'argent	4 gr.
	Sulfocyanure d'ammonium	24 gr.
	Sulfite de soude anhydre	12 gr.
	Hyposulfite de soude	5 gr.
	Solution de bromure de potassium à 10 %	6 gouttes
B.	Eau distillée	120 cc.
	Métol	2 gr.
	Sulfite de soude anhydre	10 gr.

Au moment de l'emploi, on mélange :

Solution A	5 cc.
Solution B	120 cc.

La durée du développement est très variable et dépend, non seulement de la pose, mais aussi de la nature de l'émulsion. Parfois, trois minutes suffisent, tandis que dans certains cas il faut douze heures.

Ce procédé fournit des images remarquablement fines, même quand le grain de l'émulsion est très grossier. Il laisse une grande latitude dans l'appréciation du temps de pose, car, s'il est nécessaire d'éviter la sous-exposition, il n'arrive presque jamais que la surexposition soit assez forte pour aboutir à un échec. Son principal avantage est de permettre le contrôle du développement au grand jour. Le fixage préalable doit, il est vrai, s'effectuer dans l'obscurité, mais il n'exige aucune surveillance : au bout de trois quarts d'heure, la plaque est lavée de manière à éliminer l'hyposulfite, puis développée immédiatement ou mise à sécher, si l'on préfère révéler l'image ultérieurement. Cette combinaison serait donc très pratique, en voyage, puisqu'il suffirait d'emporter un peu d'hyposulfite, à condition de surexposer largement.

MM. Lumière et Seyewetz ont réalisé le développement après fixage par des sels de mercure, qui offrent l'avantage d'une préparation plus simple et d'une action renforçatrice plus rapide :

A.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude anhydre	180 gr.
	Bromure mercurique	9 gr.
B.	Eau	1.000 cc.
	Sulfite de soude anhydre	20 gr.
	Métol	20 gr.

Pour une plaque 13 × 18, prendre :

Solution A	150 cc.
Solution B	30 cc.

Le sel de mercure donne des images plus opaques et moins dichroïques que le sel d'argent. En outre, par un développement prolongé, les images ont moins de tendance à se voiler. Enfin, le révélateur mercurique reste beaucoup plus longtemps limpide que les révélateurs argentiques et ne laisse aucun précipité sur les images, même après un très long traitement.

La finesse des images produites par développement après fixage, quel que soit l'état initial d'agglomération du bromure d'argent, rend cette méthode précieuse, dans tous les cas où il n'y a aucun inconvénient à prolonger le temps de pose, surtout lorsqu'il s'agit de documents qui seront étudiés à la loupe ou soumis à l'agrandissement. Les diapositifs destinés à la projection ou au stéréoscope sont bien exécutés sur des plaques exemptes de grain; néanmoins, ces images ne seront réellement très fines et très détaillées que si le négatif dont elles proviennent possède lui-même ces qualités.

E. C.

§ 6. — Géologie

Un volcan actif aux Etats-Unis, le Lassen Peak. — A l'une des dernières séances de la Société géologique de Washington, M. J. S. Diller et M. A. L. Day ont communiqué leurs observations sur le Lassen Peak, ancien volcan de Californie qu'on considérait comme éteint et dont l'activité s'est réveillée il y a deux ans.

Le Lassen Peak est situé à l'extrémité méridionale de la « Cascade Range » et remplit l'intervalle qui sépare l'extrémité septentrionale de la Sierra Nevada des monts Klamath. Son activité volcanique a débuté vers la fin de l'Eocène, pour atteindre son maximum pendant le Miocène et le Pliocène et décroître durant le Quaternaire jusque vers l'extinction.

C'est un volcan de grandes dimensions, entouré de plusieurs autres plus petits et plus récents, l'ensemble ayant été bâti par plusieurs éruptions explosives et effusives d'une grande variété de laves : à l'origine, ce furent des andésites; mais, plus tard, le magma différencié a compris, d'une part des dacites et des rhyolites, de l'autre des basaltes et du quartz basaltique.

L'activité de ce volcan, qui semblait éteinte depuis plusieurs siècles, s'est réveillée le 30 mai 1914 et a présenté depuis lors quatre phases successives.

La première commença avec une série d'explosions nettes dans le vieux cratère du sommet, qui provoquèrent, parmi les débris scoriacés du fond du cratère, une ouverture de 8 mètres sur 13 et probablement de 10 m. de profondeur. Ces explosions furent suivies d'autres de violence croissante pendant quelques semaines,

jusqu'à ce que la nouvelle bouche eut atteint une longueur de 300 m. Aucune lave fraîche, ni aucune autre preuve d'action calorifique ou chimique n'apparut durant cette première phase d'activité.

Le 21 mai 1915, eut lieu une explosion beaucoup plus violente que toutes les autres, accompagnée d'une émission de vapeur horizontale vers le bas du flanc nord-est de la montagne (2e phase), d'une coulée de boue (3e phase) suivant l'émission de vapeurs, et d'un soulèvement du sommet (4e phase) beaucoup plus prononcé qu'aucun de ceux qui l'avaient précédé.

L'émission latérale de vapeurs fut similaire, comme caractères et effets, aux « nuées ardentes » du Mont Pelé, si bien décrites par Lacroix. La température, toutefois, quoique suffisante pour fondre les vastes masses de neige accumulées sur ce flanc de la montagne et provoquer ainsi la coulée de boue, fut néanmoins insuffisante pour faire naître une conflagration générale de la nature de celle qui détruisit Saint-Pierre. Les seules traces de combustion furent confinées à une petite surface isolée, où les conditions locales interrompirent la trajectoire des vapeurs et augmentèrent la durée d'exposition à leur chaleur. Une émission semblable eut lieu le 23 mai.

Les coulées de boue furent causées par la fusion de la neige sur les flancs extérieurs de la montagne, et non, comme on l'avait cru d'abord, par une émission directe du cratère; le fait qu'on ne trouve pas de boue à moins de 500 m. du sommet le prouve bien. La dévastation causée par ces coulées fut néanmoins considérable et s'étendit sur 5 millions d'arbres sur pied, dont la plupart furent emportés avec leurs racines.

L'exhaussement du sommet entraîna une portion considérable du fond du vieux cratère, y compris des sections des bords est et ouest; mais il ne fut pas assez puissant pour le détacher complètement du haut de la montagne, qui prit l'apparence d'une surface ayant été dynamitée. A l'extrémité orientale, là où l'émission de vapeurs trouva une issue, quelques gros rochers furent brisés et entraînés par le torrent de boue dans les vallées inférieures. Le reste des matériaux soulevés se scinda en un chaos sauvage de rochers, dont le sommet est maintenant à 70 mètres au-dessus du point le plus bas du bord de l'ancien cratère.

Une visite de cette partie surélevée, environ 4 semaines après l'événement, permit de constater quelques fentes, adjacentes au centre de l'activité explosive, d'où s'échappaient encore des gaz chauds. Excepté les roches et les cendres voisines de ces fentes, toutes les matières surélevées étaient froides. De ce fait et d'autres indications superficielles, il semble impossible de conclure à l'émission de laves fraîches à la surface, non plus qu'à celle de gaz chimiquement actifs. M. A. L. Day en déduit que la période d'activité actuelle a été causée sans doute par des explosions de vapeur surchauffée résultant de l'approche d'une certaine quantité d'eau météorique du foyer du volcan.

§ 7. — Biologie

La croissance et le sexe des grenouilles parthenogénétiques. — Dès que Loeb eut établi que des larves peuvent être produites par des méthodes chimiques aux dépens d'œufs non fertilisés [1], plusieurs problèmes secondaires se sont posés. Le plus important est de savoir si les organismes ainsi formés sont capables ou non de se développer en adultes normaux. Beaucoup, en particulier parmi ceux qui acceptent les idées d'Hertwig sur la fécondation, crurent la chose improbable. Les premières expériences de Loeb sur la parthénogenèse artificielle avaient porté sur des Invertébrés marins : oursins, étoiles de mer, annélides, mollusques, et comme il est déjà très difficile d'amener les larves normales de ces animaux jusqu'à l'état adulte, la tâche paraissait sans espoir avec les larves parthénogénétiques. Y. Delage [1] a eu pourtant le courage de l'entreprendre sur l'oursin et il a réussi à élever deux larves parthénogénétiques jusqu'à l'état adulte, dont l'une à un stade assez avancé pour reconnaître son sexe qui était mâle.

Les essais sur des Vertébrés semblent promettre davantage. Guyer a montré qu'en injectant de la lymphe dans l'œuf non fertilisé d'une grenouille, on peut en provoquer le développement, et Bataillon a trouvé ensuite que la simple piqûre du même œuf avec une aiguille aboutit au même résultat. D'après Loeb, le trait essentiel de la fertilisation est une altération de la couche superficielle de l'œuf, que, dans ses expériences, il provoque par des réactifs chimiques, tandis que, dans celles de Guyer et de Bataillon, elle est opérée mécaniquement.

Quoi qu'il en soit, Loeb [2] est arrivé à obtenir, par la méthode de la piqûre des œufs non fertilisés, sept grenouilles parthénogénétiques (*Ranæ pipiens*) âgées de plus d'un an. Leur croissance a été normale et les variations de taille observées ne proviennent que de différences de nutrition. Cette espèce met généralement 2 ans pour devenir complètement adulte, et plusieurs de ces sept grenouilles parthénogénétiques ont déjà dépassé la moitié de la taille normale. Une seule de ces grenouilles, ayant subi une infection, dût être tuée à l'âge de 10 mois. Ces expériences montrent donc que les méthodes de parthénogenèse artificielle peuvent donner naissance à des animaux normaux, même chez des formes aussi élevées que la grenouille, et que ces animaux sont capables de vivre et de croître normalement.

Un second problème qui se lie à l'élevage de ces grenouilles est celui de leur sexe. Loeb et Bancroft [3] l'ont déjà étudié il y a trois ans sur une grenouille et un têtard âgé de 4 mois et demi. Ils rencontrèrent quelques difficultés dans cette recherche par suite du fait que, chez les jeunes têtards et grenouilles, les deux sexes ont des œufs dans leurs glandes sexuelles. Ces œufs se désintègrent graduellement dans les testicules; mais, à l'âge de 4 mois, on en trouve encore dans les gonades de ceux qui deviendront des mâles. C'était le cas chez les gonades examinées par Loeb et Bancroft, mais les œufs y étaient si rares qu'ils conclurent que les deux organismes examinés se seraient développés en mâles s'ils avaient vécu.

Il était pourtant désirable de confirmer cette conclusion par l'examen de spécimens plus âgés de grenouilles parthénogénétiques. C'est ce que Loeb vient de faire sur la grenouille âgée de 10 mois dont il a été question plus haut. Ses gonades furent durcies dans le liquide de Zenker et coupées en séries. On constata que ces gonades étaient des testicules normaux, contenant un grand nombre de spermatozoïdes normaux, ce qui ne laisse subsister aucun doute sur le sexe de cet individu parthénogénétique.

D'après nos connaissances actuelles sur la détermination du sexe, il semble donc que, chez la grenouille, le mâle est hétérozygote pour le sexe, c'est-à-dire que les œufs sont tous semblables et qu'il y a deux sortes de spermatozoïdes, les uns avec, les autres sans chromosome sexuel; si un spermatozoïde du premier type pénètre dans un œuf, il se produit une femelle. Comme, dans la parthénogenèse artificielle, aucun chromosome sexuel ne pénètre dans l'œuf, les grenouilles parthénogénétiques doivent être des mâles.

Il sera intéressant de voir si les spermatozoïdes de ces grenouilles, utilisés pour la fertilisation d'œufs, donneront naissance à des descendants normaux et aux deux sexes; Loeb se propose d'élucider ultérieurement cette question.

1. *Amer. Journ. of Physiol.*, 1899, t. III, p. 135; 1900, t. III, p. 434.

1. *C. r. Acad. Sc.*, 1909, t. CXLVIII, p. 453.
2. *Proc. of the National Acad. of Sciences of the U.S. of America*, t. II, n° 6, p. 313; juin 1916.
3. *Journ. of experim. Zool.*, 1913, t. XIV, p. 275, et t. XV, p. 379.

L'ÉTAT ACTUEL DU PROBLÈME DE L'ATLANTIDE

DEUXIÈME PARTIE[1]

IV

Avant de passer à l'étude du problème du point de vue purement géologique, ou pour mieux dire tectonique, il nous faut dire quelques mots de la bathymétrie de l'Atlantique et du peu que les plus récentes recherches nous enseignent sur la nature de ses fonds.

Dans l'ensemble, le fond de cet océan (fig. 1) se présente à nous comme un plateau allongé dans le sens de son axe, encadré de deux sillons marginaux, dont l'occidental est plus profond que celui qui borde les côtes européennes. Ainsi, une section transversale entre la Floride et la côte méridionale de l'Espagne, en passant par les Açores, nous conduit rapidement, à partir des côtes américaines, à des profondeurs supérieures à 4.000 m., dans lesquelles s'élèvent, comme un accident local, les Bermudes et desquelles on monte par échelons jusqu'à la plateforme où culminent, au-dessus de l'eau, les Açores. A l'E de ces dernières, une pente brusque fait de nouveau descendre le fond à plus de 4.000 mètres; il se relève peu après pour émerger des flots à l'île de Madère. De là jusqu'à nos côtes, la dépression est moins profonde et plus étroite.

Fig. 1. — *Carte bathymétrique de l'Atlantique.*

Si nous suivons le tracé de la courbe de niveau de 4.000 m. de profondeur, et si nous supposons que le niveau de la mer soit abaissé jusque là, la forme des nouvelles terres émergées sera très intéressante. Toute l'Europe formera un massif unique, les mers intérieures: Baltique, mer du Nord, mer d'Irlande, ayant disparu, et le littoral courra presque sans sinuosités du N au S, en passant très à proximité des côtes ibériques actuelles. En passant vers le détroit de Gibraltar, maintenant effacé, les terres feront vers l'W un saillant pour comprendre les îles Madère et divers bancs sous-marins (Joséphine, Gettysburg, etc.). Un golfe allongé du SW au NE pénétrera jusqu'aux terres marocaines, limité au S par un autre saillant plus grand qui soudera les Canaries et les îles du Cap Vert au continent africain. Du côté du continent américain, les côtes n'avanceront pas beaucoup vers l'E, excepté dans la mer des Antilles et le golfe du Mexique, qui émergeront en totalité (fig. 1).

La côte du Labrador s'unira à l'Europe par l'intermédiaire du Groenland, de l'Islande et des îles Feroe. De cette terre circumpolaire s'avancera vers le S une péninsule qui se prolongera suivant l'axe de l'Atlantique, jusqu'à environ 60° de latitude sud, en comprenant les îles Açores, Saint-Paul, de l'Ascension, Tristan d'Acunha, Gough et Bouvet. La largeur maximum de cette langue de terre prolongée, dont la distance de la surface n'est en aucun point supérieure à 1.800 mètres, serait de 20° environ au niveau des Açores, pour se rétrécir beaucoup plus au Sud et s'élargir de nouveau depuis le parallèle de Tristan d'Acunha. Notons que la petite île de Sainte-

1. Voir la première partie dans la *Revue* du 30 juillet 1916, t. XXVII, p. 425 et suiv.

Hélène n'est pas comprise dans ce plateau sous-marin, ni ne se réunit au continent africain ; c'est un pic aigu isolé et comme perdu dans l'immense solitude de l'Atlantique méridional.

Cette topographie, dont la figure 1 nous donne une idée claire, fait naître aussitôt dans la pensée l'image d'un immense géosynclinal, d'un anticlinal flanqué de deux synclinaux, où, comme dans l'antique Tethys de Suess s'est élaboré le monde alpin, se préparerait aujourd'hui l'éclosion d'un continent futur étendu qui changerait d'une façon radicale la loi de distribution des terres et des mers. Je me hâte de dire que cette hypothèse audacieuse, qui subvertirait beaucoup d'idées considérées aujourd'hui comme fondamentales en Géographie physique, ne s'appuie sur aucune base ferme, car nous ne savons rien de la structure du sol sous-marin et peu de chose de sa composition superficielle.

Cet aspect de grandes inégalités qu'accuse l'étude d'ensemble du fond sous-marin ne s'atténue pas si l'on examine en détail une région limitée. On peut le vérifier, par exemple, sur la dernière carte bathymétrique des Açores, due à Thoulet (fig. 2). L'ensemble de l'archipel s'élève sur une plate-forme allongée dans le sens E-W, d'environ 2.000 m. de profondeur, mais à l'intérieur de laquelle on a enregistré de grandes dépressions qui fréquemment sont de véritables fosses. Sur cette plate-forme, la courbe de niveau de 1.500 m. dessine trois autres plates-formes plus petites, isolées, sur chacune desquelles siège un groupe d'îles. Le plus important de ces trois piédestaux est le piédestal central, qui porte les îles San Miguel, Terceira, Graciosa, San Jorge, Pico, Fayal et les bancs Açor et Princesse Alice ; dans celui-ci, il y a des fosses aussi profondes que celle de l'Hirondelle, comprise entre Terceira et San Miguel, qui offre des sondages de 3.500 mètres, et que celle comprise entre San Jorge, Graciosa et Terceira, étroite dépression qui s'abaisse jusqu'à 2.419 m. Le plateau occidental, sur lequel reposent les îles Corvo et Flores, est plus nivelé, et entre lui et le précédent s'élèvent deux autres plates-formes analogues, mais qui ne supportent pas d'îles.

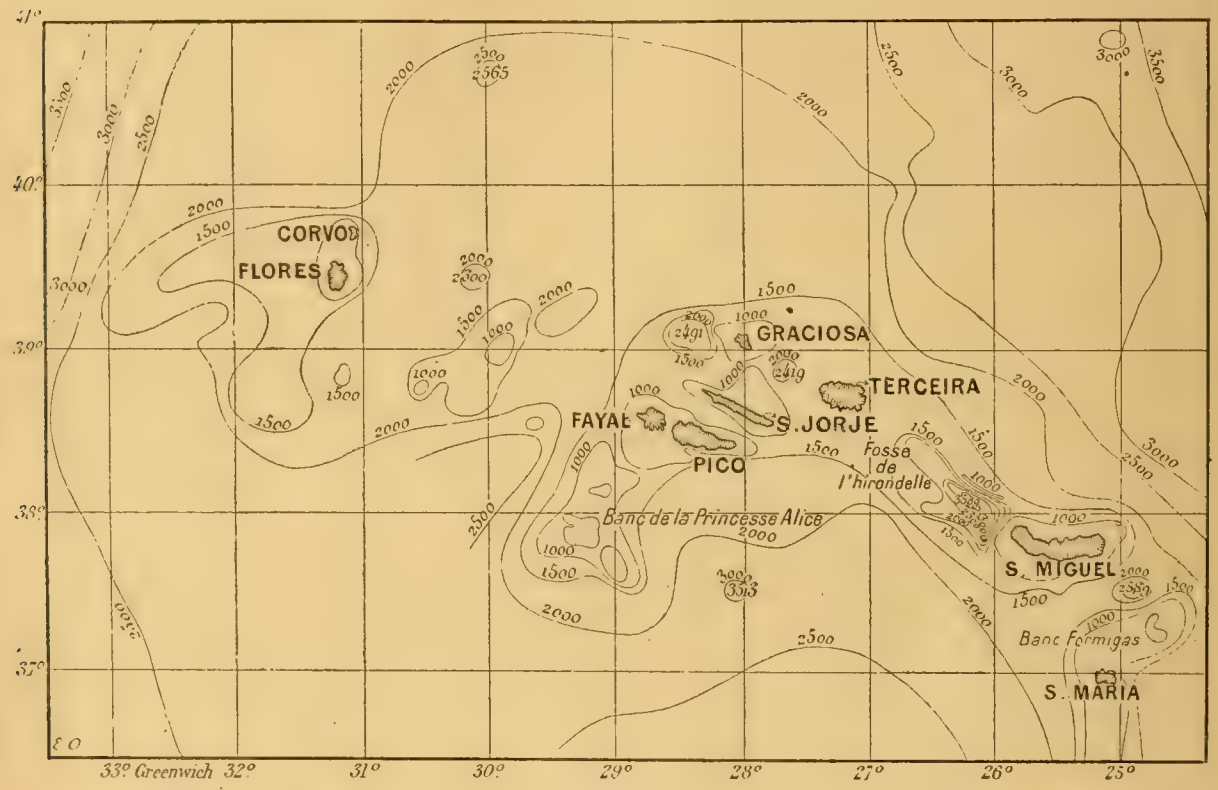


Fig. 2. — *Carte bathymétrique de la région des Açores, d'après M. Thoulet.*

La reconnaissance des Canaries et de leurs environs est non moins instructive à cet égard[1] (fig. 3). La ligne de 2.000 brasses (environ 3.600 m.) passe au large de l'archipel, quoique près de ses îles occidentales, et se dirige vers le N. E. en longeant les îles Salvajes et le blanc de Dacia (31° lat. N., 14° long W), pour tourner au N W

1. Voir spécialement : P. Migmue Vigil : Le fond de la mer entre la Péninsule et les Canaries. *Memorias de la Real Soc. española de Historia natural.*

en face de l'embouchure du Sebou. Entre ce point et la ligne de fonds relativement élevés que marquent le banc de Gettysburg (36°30′ lat. N, 12° long. W), le banc de Seine (33°45′ lat. N., 14°30′ long. W) et la plate-forme sur laquelle s'élève l'archipel de Madère, se trouve un ravin étroit, orienté du SW au NE, dans lequel on a enregistré des coups de sonde de 4.400 mètres.

Cette même direction est approximativement celle qui est marquée par la ligne d'affleurements éruptifs Hierra-Gomera-Ténérife-Salvajes et sa parallèle Fuerteventura-Lanzarote-Isletas-Banc de Concepcion (30° lat. N., 12°45 long. W).

Enfin, la pose des câbles sous-marins a démontré le caractère abrupt et accidenté des bords des îles Ténérife, Grande Canarie et La Palma, ainsi que la grande profondeur des détroits intermédiaires; entre Ténérife et La Palma, on a sondé jusqu'à 3.250 mètres, et dans le canal, beaucoup plus étroit, qui sépare Ténérife de la Grande Canarie, la sonde est descendue jusqu'à 3.300 mètres.

La nature volcanique de tous les archipels atlantiques, leur orientation générale et jusqu'à la disposition des îles dans chacun d'eux, semblent nous parler de grandes lignes de fracture par où les matériaux internes ont été rejetés à l'extérieur. Ces fractures et les émissions volcaniques qui les ont traversées ne peuvent devoir leur origine qu'à des mouvements tectoniques. Aussi, en constatant l'orientation uniforme du phénomène, concordant avec celle des lignes orographiques dominantes, l'idée du géosynclinal nous paraît très séduisante.

Nous savons peu de chose, pour ne pas dire presque rien, sur la nature des fonds océaniques. Par suite de la difficulté de recueillir des échantillons, les explorateurs se sont bornés jusqu'à présent à en déterminer la topographie, en négligeant leur nature. Les spécimens de roches sous-marines sont rares et de faibles dimensions. Le problème, cependant, est d'intérêt primordial, et il ne paraît pas impossible d'imaginer des mécanismes permettant d'arracher au fond marin des fragments qui en révèlent la constitution lithologique.

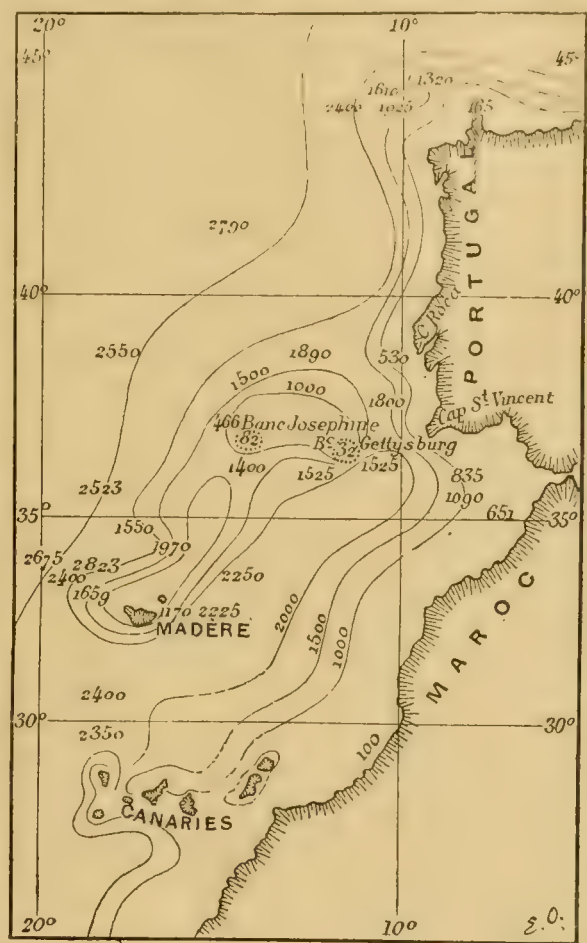


Fig. 3. — *Bathymétrie de l'Atlantique entre les archipels de Madère et des Canaries et les côtes occidentales de l'ancien continent, d'après Donnelly.* — Les profondeurs sont indiquées en brasses.

Paul Lemoine, dans un travail récent, a attiré l'attention sur ce même point et a montré le parti qu'on pourrait tirer de la connaissance des roches sous-marines[1]. En effet, les observations sporadiques ont démontré l'existence des matériaux suivants : 1° dans le banc de Rockhall (6° à l'W des Hébrides), roches à hornblende; 2° dans le banc Porcupine (en face du littoral de Mayo et Galway, en Irlande), gabbros; 3° basaltes au S du Porcupine et à l'W de l'extrémité méridionale de l'Irlande; 4° syénites néphéliniques à 240 kilomètres au SW de l'Irlande. Or la ligne N-S formée par ces pointements de roches éruptives passe très près du littoral ibérique et vient les réunir à la grande masse de même origine de la Sierra de Monchique, au sud du Portugal. Il semble donc très logique d'admettre l'existence d'une grande fracture qui expliquerait beaucoup de phénomènes tectoniques de l'Europe occidentale, entre autres la forme des côtes atlantiques de la Péninsule ibérique, la présence de grands fonds à leur proximité et peut-être quelques-uns des mouvements qui, aux temps néogènes, ont affecté probablement le plateau qui forme le noyau du massif ibérique.

Sans doute, il faut être très prudent dans l'interprétation de documents si clairsemés et ne pas chercher à tirer de conclusions prématurées qui pécheraient par leur hardiesse. Du simple

1. P. Lemoine : La géologie du fond des mers. *Annales de Géographie*, 1912.

fait d'avoir dragué un petit fragment de lave à 900 kilomètres au nord des Açores, un éminent géologue prétend déduire que cette terre était émergée et couverte de laves aujourd'hui ensevelies à 3.000 mètres au-dessous de la surface de la mer, et il ajoute : « Comme la surface des roches a conservé ses aspérités et sa rugosité, les arêtes vives des courants de laves très récents, il est nécessaire que la submersion ait suivi de très près l'émission des laves et qu'elle ait été brusque. Sans cela, l'érosion marine et atmosphérique aurait nivelé les inégalités et aplani toute la surface. » Si nous nous en tenions à ces paroles, les pénéplaines qui sont émergées depuis les âges géologiques les plus anciens devraient être des plaines idéales, et les Alpes mêmes, exposées depuis le Tertiaire à l'érosion sub-aérienne, n'auraient pu conserver leur élévation et leurs aspérités actuelles.

V

Dans l'énumération des données qui doivent précéder nos conclusions sur le problème de l'Atlantide, nous allons maintenant faire entrer en ligne de compte les documents purement géologiques, qui, en définitive, sont ceux qui permettent surtout de résoudre la question.

C'est un fait démontré avec une entière certitude par la Géologie que l'emplacement actuel de l'Atlantique était occupé aux époques antérieures par des terres qui réunissaient l'Ancien au Nouveau Monde. Dans les âges les plus reculés, l'Afrique formait avec le Brésil une bande étendue de terres équatoriales, tandis qu'au Nord, entourant le pôle, une autre bande parallèle comprenait les terres canadiennes, le Groenland, les pays scandinaves, la Finlande, et peut-être la Sibérie européenne et asiatique. Entre ces deux masses continentales, une Méditerranée, dont ce n'est pas le moment de retracer les vicissitudes historiques, a étendu le ruban de ses ondes jusqu'à une époque relativement moderne.

La rupture de ces deux continents par disparition d'un segment central permit une libre communication entre les eaux polaires des deux hémisphères et donna lieu à la formation de l'Atlantique. Mais celui-ci n'est pas né en une fois et par un processus rapide, comme les non-géologues se plaisent à le supposer. En ce qui concerne l'Atlantique méridional, il semble que son ouverture définitive date de la fin de l'ère secondaire. L'Atlantique nord, le seul qui nous intéresse pour le moment, est sans doute plus moderne. Peut-être la fragmentation de ses terres a-t-elle commencé déjà aux temps secondaires, mais jusqu'à l'ère tertiaire nous ne pouvons reconnaître les traces d'une communication entre les eaux arctiques et méditerranéennes.

Ce phénomène se reconnaît à ce que la faune de la Méditerranée, de caractère équatorial, se charge brusquement de types propres aux mers froides, dont il faut chercher les ancêtres dans les eaux de l'océan Arctique. Ce fait s'est produit par deux fois durant le Tertiaire : une fois au Miocène et une autre fois au Pliocène. Nous devons donc placer dans les derniers temps du Néogène l'ouverture définitive de l'Atlantique septentrional. Avec elle coïncidèrent le soulèvement de l'isthme de Panama, l'ouverture du détroit de Gibraltar et l'établissement du courant du Golfe avec son régime actuel, tous faits dont il n'est pas nécessaire de souligner la transcendance géographique.

Personne ne prétendra chercher dans la disparition de ce continent atlantique une base à la légende platonienne. Ni son progrès bien gradué, ni sa date lointaine ne le permettent. Une humanité non encore née n'aurait pu conserver la tradition de cet événement. C'est vers des phénomènes de moindre amplitude, par suite plus susceptibles d'un caractère catastrophique (quelque paradoxal que cela paraisse), et surtout d'un âge plus récent, que nous devons diriger nos recherches. Voyons ce que la Science géologique peut aujourd'hui nous dire à ce point de vue.

Macpherson, étudiant la géologie de la province de Cadix, a attiré l'attention sur l'existence dans cette région de dépôts diluviaux venus du Sud, ce qui démontre une plus grande extension du territoire vers l'Atlantique. Le même géologue a signalé au sud de la Galice et au nord du Portugal des formations diluviales très puissantes, qui indiquent l'existence de grands fleuves dont les eaux venaient de très loin vers le NW. C'est un fait bien connu que les vallées du Tage et du Duero se prolongent en pleine mer, de même que les embouchures des fleuves de Galice représentent des vallées fluviales ensevelies à une époque peu ancienne. Au sud du Portugal, il existe des preuves nombreuses d'un affaissement des côtes ; dans un travail récent, Pereira de Souza en a signalé à Lagos, Olhao, Villa Real de Santo Antonio et en d'autres points. Enfin, Choffat et les géologues portugais ont pu affirmer que les petites îles Berlengas et Farilhoes, situées en face du cap Carvoeiro, ne sont pas autre chose que les restes de terrains cristallins qui, à une certaine époque, s'étendaient beaucoup plus à l'Occident. Tous ces faits

concordants démontrent que le plateau ibérique s'est prolongé vers l'W avant l'époque actuelle, avec une extension qui fut sans doute considérable, sans que nous puissions nous aventurer à lui donner une valeur même approximative.

Le prolongement atlantique des terres marocaines n'est pas aussi évident ; mais Gentil, qui connait si bien la structure et la nature du Magreb, en est partisan. Selon ce savant géologue, les Canaries sont dans le prolongement de la Meseta marocaine, englobée comme son homologue, la Meseta ibérique, dans les plissements alpins, et les plis du Haut Atlas y viennent mourir en s'atténuant. Le canal qui sépare les Canaries de la côte méridionale du Maroc serait, d'après lui, comparable au détroit de Gibraltar, et, de même que d'un côté et d'autre de celui-ci il y a une continuité parfaite entre les systèmes rifain et pénibétique, les îles de l'archipel espagnol représenteraient l'émersion, de l'autre côté du canal, des plis de l'Atlas qui s'abaissent sous l'Atlantique entre Agadir et le cap Guir.

Pour beaucoup de raisons, il nous paraît difficile de comparer avec le détroit de Gibraltar ce canal qui, au large de Fuerteventura et non loin de ses côtes, offre déjà une profondeur qui oscille entre 1.000 et 1.500 mètres. Mais cela n'empêche pas que nous partagions l'opinion que le piédestal sédimentaire sur lequel s'appuient sans doute les Canaries ait été, en d'autre temps, soudé au continent africain.

Une opinion semblable est professée par Termier, pour lequel ou bien la Meseta marocaine se prolongeait longitudinalement en séparant à travers l'Atlantique deux chaînes alpines, l'Atlas et le Rif, ou bien le vrai système alpin s'arrêtait entre Trafalgar et Tanger, brisé « par l'obstacle infranchissable d'un immense morceau des Altaïdes, aujourd'hui coupé en deux par l'effondrement de l'Atlantide, réunissant autrefois la Meseta marocaine et la Meseta espagnole [1] ».

Le problème paraît donc être de fixer l'époque où les Canaries actuelles, ou leur plate-forme sédimentaire, furent séparées du sol africain. A ce point de vue, les opinions sont loin d'être d'accord, comme nous allons le voir.

Jusqu'à présent, les estimations des divers auteurs, bien qu'elles concordent sur le point que le phénomène est très récent géologiquement parlant, n'arrivent pas à fixer le moment d'une manière assez précise pour nous permettre d'affirmer que le souvenir en a pu ou non parvenir aux hommes à l'aurore de l'histoire.

1. P. Termier : Les problèmes de la Géologie tectonique dans la Méditerranée occidentale. *Rev. gén. des Sc.* du 30 mars 1911, t. XXII, p. 225.

L'existence aux Canaries d'espèces disparues est une arme à deux tranchants, comme le démontre clairement l'étude faite par Dollfus des fossiles recueillis au Rio de Oro par le P. Font. Des 28 espèces rapportées par le géologue espagnol, 23 sont encore vivantes, 19 sont communes avec le Pliocène, 16 étaient déjà connues au Miocène et 7 sont caractéristiques du Quaternaire. Appliquant à notre problème les enseignements qui découlent de son étude, l'auteur n'ose rien affirmer sur la séparation des Canaries, sinon qu'elle est *certainement* d'âge post-miocène et peut-être plus récente [1].

En se basant sur un autre ordre de considérations, Gentil arrive à des conclusions également imprécises. L'existence, tout le long de la côte entre Mogador et Agadir, de grès tortoniens à *Ostræa crassissima*, antérieurs aux plissements de la région, démontre que l'effondrement de la chaîne est certainement post-miocène. En outre, une bande presque continue de Plaisancien, bien déterminé par sa faune de Pectinidés, borde la côte de Tanger au Sous. Ce Plaisancien s'élève sur le flanc septentrional du Cap Guir et recouvre ensuite jusqu'à Agadir les plateaux côtiers à une altitude de 200 à 250 m. « Ce terrain, dit Gentil, a pris part aux derniers mouvements de la chaîne et les plissements du Plaisancien sont encore visibles dans les brachyanticlinaux qui, dans la région littorale, surgissent, comme au Djebel Hadid, du Crétacé tabulaire [2]. » De ce fait, il déduit avec une grande probabilité que la séparation de l'Afrique et des Canaries serait de la fin du Pliocène ou peut-être du Quaternaire. Dans un travail postérieur, après avoir reconnu que l'âge de l'Atlas dans ces régions ne peut être précisé au moins d'une façon absolue, il se montre plus enclin à dater du Quaternaire l'effondrement des plis de la chaîne, phénomène auquel est dû le canal qui sépare aujourd'hui l'archipel des côtes africaines [3].

Le géologue et voyageur français Chudeau a fait l'observation curieuse que les rivières qui naissent dans l'Adrar Sotof, à environ 80 kilomètres de la côte entre le Rio de Oro et le Cap Blanc, au lieu de se diriger vers la mer comme il paraît naturel puisque aucun obstacle ne s'interpose sur leur trajet, courent vers le Sud parallèlement à la mer, et vont se perdre dans des sebkas littorales au lieu de former des vallées encaissées

1. G. F. Dollfus : Etude des fossiles recueillis par N. Font y Sagué au Rio de Oro. *Bull. Soc. géolog. de France*, 4e sér., t. XI (1911).

2. L. Gentil : Les mouvements tertiaires dans le Haut Atlas marocain. *C. r. de l'Acad des Sc.* du 30 mai 1910, p. 1485.

3. L. Gentil : Le Maroc physique. Paris, Alcan, 1912.

dans la Meseta quaternaire. Cette anomalie ne s'explique pas facilement si l'on n'admet pas un changement récent dans le tracé de la ligne des côtes [1]. En se basant sur la coexistence de l'*Helix Gruveli* aux Canaries et au Cap Blanc, il affirme que la séparation n'était pas réalisée au Quaternaire ancien, lequel fournit au moins une limite inférieure. La limite supérieure serait donnée par le Néolithique, qui n'existe pas aux Canaries et est bien connu sur le littoral saharien. Signalons dès maintenant l'exagération de cette dernière assertion, car, le Néolithique du Sahara étant de date beaucoup plus récente que celui de l'Europe d'après les dires des spécialistes, elle équivaudrait à reculer la possibilité de ce phénomène aux premières époques historiques, opinion qui est en contradiction absolue avec la profondeur du canal, la masse d'éruptions que représentent les Canaries, la structure de l'archipel et l'âge auquel remontent quelques-uns de ses matériaux éruptifs. L'absence du Néolithique aux Canaries, affirmation pour le moins très discutable aujourd'hui, pourrait seule nous prouver qu'elles n'étaient pas habitées à cette époque.

VI

Ayant terminé cette rapide énumération des données que les Sciences biologiques, la Géographie physique et la Géologie peuvent fournir pour la solution de notre problème, je vais essayer d'en résumer et d'en accorder les conclusions pour en faire ressortir l'état actuel de la question. Nous verrons ainsi si la contemporanéité de l'Atlantide et des premiers hommes est admissible, et dans quelle direction il faudra diriger nos recherches pour résoudre le problème, si par hasard il est susceptible d'une solution.

Dans le résumé historique que nous avons donné au commencement de cet article [2], on peut voir, malgré le petit nombre d'opinions citées, quelle confusion règne entre elles et comment chacun interprète à son goût et de son point de vue spécial les documents dont il dispose. Il faut beaucoup de peine pour se défendre de la tradition séductrice, et dans la majeure partie de ces études il ne paraît pas qu'on ait fait autre chose que de la justifier. Le travail même de Bory de Saint-Vincent, si documenté au point de vue scientifique, n'échappe pas à cette critique. Dans sa carte conjecturale, il a dessiné le lac de Tritonide et assigné une place au pays des Gorgonides (Cap Vert), à celui des Amazones, aux Fortunées (Canaries) avec leur Mont Atlas et leur jardin des Hespérides, à Purpuraria (Madère), Hespérie (Vigias) et au pays des Atlantes proprement dit (Açores). En somme, il a cherché une justification de toute la fable mythologique, dominé par l'idée que cette fable doit répondre point par point à une réalité historique ou protohistorique.

Il faut donc se défendre d'abord de la suggestion de la légende et ne pas chercher, ce que la plupart ont fait, à vérifier une existence avant d'avoir déduit cette existence même de raisonnements rigoureux appuyés sur des faits indubitables : autrement dit, de l'étude de la réalité tangible actuelle, s'élever à la connaissance de la réalité antérieure; ne pas partir d'une réalité antérieure supposée pour y accommoder les faits actuels.

De la légende, et seulement comme moyen de vérification, nous ne prendrons que ce qu'elle nous dit librement, sans interprétations recherchées ou capricieuses. Ainsi, puisque les dialogues de Platon placent l'Atlantide directement en face des colonnes d'Hercule, ils ne peuvent se rapporter qu'à Madère ou aux Açores. Les Canaries étaient bien connues des Grecs, et s'il avait voulu y faire allusion il n'aurait pas manqué de signaler leur situation beaucoup plus méridionale.

En ce qui concerne les considérations d'ordre biologique, je note un fait bien significatif : c'est que les botanistes et les zoologistes n'arrivent pas exactement aux mêmes conclusions. D'après eux, on peut affirmer que les archipels atlantiques, l'archipel canarien surtout, ont été unis au continent africain et que leur séparation est de date géologique récente. Mais leurs données manquent de précision, surtout lorsqu'il s'agit de fixer le moment où les portions marginales du continent total furent transformées en îles. Nous pouvons encore moins leur demander de nous dire quelque chose sur le processus et le mécanisme de cet isolement.

La topographie sous-marine de l'océan paraît jeter quelque lumière nouvelle sur les relations entre les diverses îles atlantiques. Qu'on admette ou non l'existence d'un géosynclinal en voie d'élévation, il est certain que les renseignements topographiques accusent pour les Açores une origine distincte de celle des autres archipels. Celui-ci, placé sur la ligne médiane des hauts-fonds, semble véritablement et originairement atlantique, tandis que les autres sont en relation avec le continent européen (Madère) ou africain (Salvajes, Canaries, Cap Vert). Entre les uns et

1. R. Chudeau : Note sur la géologie de la Mauritanie. *Bull. Soc. géol. de France*, 4e sér., t. XI (1911).
2. Voir la première partie, p. 425 et suiv.

les autres, la ligne des bas-fonds de l'Atlantique oriental interpose ses abimes de plus de 5.000 mètres.

Mais c'est sur le terrain de la Géologie, comme nous l'avons vu, que l'on peut arriver aux conclusions les plus précises. L'existence d'une Atlantide géologique est un fait pleinement confirmé, ainsi que sa persistance dans l'Atlantique nord jusqu'à la fin de l'ère tertiaire. Etant donnée l'extension des terres qui ont uni les deux continents, elles n'ont pu disparaître soudainement, mais seulement par un processus plus ou moins lent. La séparation à la lisière américaine fut antérieure à la séparation du côté européen; de toute façon, entre les deux côtes persista pendant quelque temps une terre isolée, plus ou moins étendue, l'Atlantide géologique, dont les restes peuvent être représentés par la bande axiale de hauts-fonds sur lesquels s'élèvent les Açores.

Or, ces événements, antérieurs à l'ère quaternaire, ne peuvent servir de base à la légende platonienne. L'humanité consciente, capable de conserver une tradition, leur est postérieure. Il n'existe aucune preuve indubitable de l'existence de l'humanité avant le Quaternaire. Les instruments d'origine indiscutablement humaine sont tous postérieurs, de même que les restes fossiles de l'homme. La mandibule de Mauer, près d'Heidelberg, reste humain le plus ancien de date authentique, est de la période rissienne, c'est-à-dire de la troisième glaciation.

Il est certain que les conditions physiques de la Terre pendant l'ère tertiaire, surtout au Pliocène, ne s'opposent en aucune façon à l'existence de l'homme. Mais, étant donnée l'absence de produits de l'industrie humaine, on doit penser que l'homme de cette époque, tout en étant un être ressemblant organiquement à l'homme actuel, aurait été incapable de transmettre par tradition le souvenir d'une catastrophe. On ne pourrait l'appeler *homme*, ni son espèce *humanité*, dans le sens psychologique de ces termes.

Les premiers vestiges d'industrie paléolithique non douteuse appartiennent, selon A. Penck, à la seconde période interglaciaire (entre le Mindélien et le Rissien de cet auteur), et par conséquent à une époque déjà avancée du Quaternaire. Et ce n'est que dans la troisième période interglaciaire et depuis la dernière glaciation (würmienne) que se rencontrent les instruments du Paléolithique supérieur et les restes d'un art qui donnent l'idée d'une mentalité relativement élevée. Quoique H. Obermaier[1] ait modifié postérieurement la table chronologique de Penck, il s'accorde avec lui pour attribuer à la seconde période interglaciaire, soit au Quaternaire moyen, les premiers vestiges indubitables de l'industrie humaine.

Il faut donc prendre comme base de la tradition de l'Atlantide un événement de moindre importance, la séparation d'un archipel, qui puisse revêtir un caractère catastrophique et avoir eu lieu à une date postérieure. Le souvenir d'un aussi grand événement, joint à celui d'une île atteinte une fois par hasard et non revue, comme Madère ou les Açores mêmes, expliquerait rationnellement l'origine de la légende. Plus ou moins transformée, poétisée avec des incidents pittoresques, elle aurait pu parvenir à l'aurore de l'histoire.

Le problème se concrétise ainsi peu à peu. Puisque l'archipel canarien est celui qui conserve le plus de relations, tant biologiques que géologiques, avec le continent, c'est sans doute celui qui s'est détaché le plus récemment. La question est donc de fixer la date de sa séparation et de voir si elle est assez récente pour que le souvenir ait pu s'en perpétuer par tradition. Le problème ainsi posé, sa solution peut être taxée de difficile, mais non d'impossible. Voyons jusqu'où la Géologie est parvenue dans cette voie et le chemin qui reste à parcourir.

Les documents paléontologiques relatifs à une époque aussi récente n'ont qu'une valeur très relative; même confirmée, l'existence de gisements à *Helix Gruveli* en Afrique et à Fuerteventura ne serait qu'un indice et nullement une preuve concluante que la séparation a été postérieure au Quaternaire ancien. D'autre part, comme on ne connaît pas de dépôts sédimentaires aux Canaries orientales, il est très difficile d'apprécier des continuités tectoniques, voie dans laquelle il faut s'engager pour élucider le problème.

Il convient d'insister sur cette rareté de matériaux sédimentaires reconnus dans l'archipel, parce qu'on s'en sert fréquemment d'arguments à des fins diverses. Les calcaires qui sont envoyés de Fuerteventura aux autres îles pour la fabrication de la chaux sont des travertins qui recouvrent, comme une croûte plus ou moins épaisse, les matériaux les plus divers. Je les ai observés avec soin toutes les fois que j'en ai eu l'occasion et je n'ai jamais pu y trouver le moindre fossile.

Les formations côtières fossilifères de la Grande Canarie, bien connues pour se rencontrer aux environs de la capitale de l'île, ne peuvent servir de rien pour notre objet. La présence du

1. H. Obermaier. El hombre fósil. *Comision de Investigaciones paleontológicas y prehistóricas, mem. n° 9.* Madrid, 1916.

Crétacé dans l'île de Fer, même supposée certaine, ne nous serait pas davantage utile[1].

La curieuse observation de Chudeau que nous avons citée à propos des rivières sahariennes ne permet pas d'affirmer quelque chose de précis. Quant à l'opinion de ce géologue que la date de la séparation pourrait être néolithique, elle manque absolument de base, comme nous l'avons dit.

L'étude des fossiles recueillis par Font y Sagué a conduit Dollfus à déduire avec certitude que l'isolement des Canaries est post-miocène. Il ajoute seulement comme une probabilité non démontrable qu'il a pu se réaliser à une époque plus récente.

Les conclusions auxquelles arrive Gentil présentent déjà une précision plus grande. L'effondrement sous la mer des plis de l'Atlas est, de toute certitude, postérieur au dépôt des grès tortoniens et peut-être des matériaux plaisanciens. Gentil ne donne cette dernière indication que comme une possibilité, car, pour être tout à fait affirmatif, il faudrait bien connaître cette bande de Pliocène supérieur et surtout être assuré qu'elle est continue tout le long du littoral. Il est encore possible que l'événement date d'une époque plus récente, mais nous ne savons rien sur la corrélation des mouvements quaternaires et modernes des deux côtés du canal séparateur, donnée qui nous permettrait de l'affirmer ou de le nier.

En résumé, les observations de Gentil, les plus précises qui aient été publiées jusqu'à présent, coïncident avec celles de la généralité des auteurs en affirmant que la séparation des Canaries ne peut être antérieure au Pliocène, donnent comme très probable un âge quaternaire et n'excluent pas la possibilité d'une date encore postérieure, par conséquent appartenant déjà à la période humaine.

Pourra-t-on arriver à résoudre cette dernière partie du problème? Sans aucun doute, par une étude géologique minutieuse du canal de séparation et des côtes africaines et canariennes qui le bordent.

Calderon et d'autres géologues ont démontré que l'archipel, dans son ensemble, subit un mouvement d'élévation lent et ininterrompu, qui a donné naissance à des plages surélevées. Un phénomène identique paraît se vérifier sur la côte africaine voisine. En étudiant à fond ces formations et en établissant leur synchronisme des deux côtés du canal, on pourrait en fixer l'âge en toute sécurité. Diverses lignes transversales de sondages, donnant le dessin exact de la dépression, compléteraient les données indispensables. Et, pour compléter, il ne faudrait pas oublier la détermination des diverses époques éruptives qu'on peut reconnaître dans les îles, étude déjà très avancée pour la plupart d'entre elles[1].

Le problème de l'Atlantide est donc aujourd'hui parfaitement soluble. Comme il touche à nos Canaries et à la côte marocaine qui nous intéresse à tant de titres, nous pouvons dire que c'est un problème tout spécialement espagnol. En le présentant devant cette Société, j'exprime le vœu que la Science espagnole vise à le résoudre, ce qui est pour elle un *droit* et surtout un *devoir*[2].

Lucas Fernandez Navarro,
Professeur à l'Université de Madrid.

1. Pitard a communiqué à Cottreau et Lemoine un hérisson cénomanien, *Discoidea pulvinata* Dessor, var. *major* de ces auteurs, qui leur a permis de conclure dans une note (*Bull. Soc. géol. de France*, t. X, p. 267) à l'existence du Crétacé dans cette île. Ce fossile provenait, d'après Pitard, du ravin de la Caleta, à Valverde (île de Fer). Postérieurement, j'ai visité cette localité, que je connaissais déjà, sans rencontrer la moindre trace de calcaires sédimentaires et sans que rien puisse faire soupçonner la présence de matériaux semblables dans toute l'île. Je crois donc qu'il s'est produit quelque confusion d'échantillons ou que le fossile provenait du lest d'un navire; en tout cas, il y a erreur.

1. A côté des auteurs étrangers, je citerai, parmi les Espagnols : Calderon, qui a étudié principalement Ténérife et la Grande Canarie; Hernandez Pacheco, qui a décrit Lanzarote, et moi-même, qui ai fait connaître l'île de Fer et une bonne partie de Ténérife et conserve en manuscrit une étude inédite sur Gomère et beaucoup de notes sur La Palma.

2. Conférence prononcée le 3 avril 1916 devant la Société Royale de Géographie de Madrid et publiée dans le *Boletin* de cette Société; traduite de l'espagnol par M. L. Brunet.

LES RÉCENTS PROGRÈS DES MÉTHODES PHOTOMÉTRIQUES

Les progrès des Sciences d'observation et de mesure, dans leurs diverses branches, ont eu pour effet de réduire de plus en plus le rôle de nos organes des sens, si souvent capricieux et sujets à toute sorte d'illusions.

Pendant longtemps, l'évaluation de la lumière n'a pas semblé devoir participer à ces progrès. L'œil demeure l'organe sensible, la partie essentielle des photomètres actuels les plus perfectionnés, et la précision des mesures dépend de la sensibilité avec laquelle l'œil apprécie l'identité de deux plages éclairées contiguës. Quand les sources à comparer ont des teintes voisines, un œil exercé arrive aisément à formuler une appréciation exacte. Mais sitôt que les plages du photomètre prennent des colorations différentes, des phénomènes physiologiques entrent en jeu (phénomène de Purkinje, fatigue rétinienne, etc.) qui diminuent grandement la précision des résultats et leur ôtent toute généralité.

De plus, les unités photométriques, quoique réalisées par des étalons bien définis et qu'on sait reproduire identiques à eux-mêmes sans trop de difficultés, sont absolument arbitraires et n'ont aucun lien logique avec les autres unités physiques. On sait, cependant, combien il est avantageux de disposer, pour toutes les branches de la Science, d'unités cohérentes, rattachées entre elles par les équations que l'étude de ces différentes branches a permis d'établir. D'où l'intérêt de toute tentative permettant de choisir une unité photométrique dérivée directement du système physique d'unités universellement adopté, le système C. G. S.

Des recherches ont été poursuivies avec persévérance pendant ces dernières années, en vue : 1° de rendre les mesures photométriques indépendantes de la sensibilité de l'œil de l'opérateur; 2° de ramener la mesure d'un flux lumineux à celle d'une puissance mécanique.

Ces recherches, qui ont porté simultanément sur la Physique et l'Optique physiologique, ont fait entrer la Photométrie dans une voie nouvelle — peut-être non encore parfaitement définie et, assurément, perfectible — mais qui paraît devoir être celle de l'avenir. A ce titre, elles méritent, semble-t-il, de retenir un instant l'attention des lecteurs de cette revue.

I. — Photomètres a lecture directe

1. *Difficultés du problème.* — De nombreuses tentatives ont été faites pour rendre possibles les comparaisons photométriques sans le secours de l'œil. Il est malheureusement difficile de réaliser un dispositif qui ait pour chaque radiation une sensibilité proportionnelle à celle de la rétine. En particulier, les actions photochimiques, la variation de résistance électrique du sélénium ne fournissent que des résultats grossièrement approchés, sans grande valeur pour les comparaisons des sources de lumière.

On aurait une première indication sur l'intensité d'un flux lumineux en mesurant la puissance rayonnée entre les limites extrêmes du spectre visible. Malheureusement, les extrémités du spectre visible sont mal définies et varient notablement avec les individus; et la grande intensité qu'ont, dans la plupart des sources, les radiations situées aux confins de l'infra-rouge introduit dans l'évaluation de la puissance transportée par l'ensemble des radiations lumineuses un grand élément d'incertitude.

De plus, et surtout, on sait que la sensibilité de l'œil est extrêmement variable avec la longueur d'onde et que les différentes radiations sont d'une utilité très différente dans la vision : il faut, pour impressionner la rétine, un minimum de puissance beaucoup plus grand dans le violet ou le rouge, par exemple, que dans le jaune ou le vert. On peut affecter chaque longueur d'onde d'un coefficient, appelé *coefficient de luminosité*, qui mesure la sensibilité relative de l'œil pour cette longueur d'onde, le coefficient étant pris égal à l'unité pour la radiation à laquelle l'œil est le plus sensible ($\lambda = 0{,}55\ \mu$ environ), et décroissant de part et d'autre de cette radiation pour s'annuler aux extrémités du spectre visible.

Aussi, aura-t-on une meilleure évaluation de l'intensité lumineuse en faisant intervenir chaque radiation pour la part qu'elle prend à la vision, c'est-à-dire en ne laissant arriver sur l'appareil de mesure qu'une fraction d'énergie proportionnelle au coefficient de luminosité correspondant.

Pour faire cette sélection, M. Féry[1] proposait, en 1908, de disposer, dans le spectre de la source à étudier, un écran limitant la hauteur du spectre en chaque point et ayant la forme de la courbe de sensibilité rétinienne, ou, plus simplement, d'interposer, devant l'appareil récepteur, une cuve absorbante dont la transparence pour chaque radiation soit proportionnelle au coefficient

1. *Journal de Physique*, 4e série, t. VII, p. 632; 1908.

de luminosité. En utilisant comme organe sensible un radiomicromètre, M. Féry obtenait, sur une échelle disposée à 2 mètres, une déviation de 60 mm. pour un éclairement d'un carcelmètre. Il a pu comparer ainsi différentes sources et mesurer leur rendement optique.

Nous retrouverons plus loin les dispositifs de M. Féry perfectionnés et rendus vraiment pratiques et précis. Retenons seulement qu'un *photomètre à lecture directe* sera constitué par un appareil récepteur également sensible à toutes les longueurs d'onde, devant lequel on dispose un système sélecteur qui ne laisse passer qu'une fraction de chaque radiation proportionnelle au coefficient de luminosité.

2. *Courbe de luminosité pour un œil moyen.* — Un problème délicat, qu'on a dû résoudre avant toute tentative de construction d'un photomètre physique, est l'établissement de la courbe de luminosité pour un œil moyen.

Dès 1881, Crova, dans des recherches remarquables et trop peu connues sur la photométrie des lumières de teinte différente et l'évaluation optique des hautes températures, avait étudié le pouvoir éclairant des différentes radiations simples du Soleil et de la lampe Carcel[1]. Pour cela, les radiations de la source étant étalées sur un écran, il affaiblissait graduellement l'intensité du spectre jusqu'à ce qu'on cessât de distinguer des caractères d'imprimerie placés successivement en ses diverses régions. Les pouvoirs éclairants pour les longueurs d'ondes relatives aux différentes régions sont inversement proportionnels aux coefficients d'affaiblissement correspondants.

Macé de Lépinay et Nicati[2] ont montré, par une méthode analogue dans le principe, combien les résultats obtenus diffèrent avec les observateurs.

Langley[3] a, le premier, tenté des mesures absolues permettant de connaître les puissances qui sont nécessaires pour produire la vision distincte dans les différentes régions du spectre. L'inverse de ces puissances constitue l'échelle de la sensibilité de l'œil pour les différentes longueurs d'onde, c'est-à-dire fournit ce que nous avons appelé la courbe de luminosité.

En réalité, les méthodes précédentes, qui ont permis de connaître la forme générale de la courbe de luminosité, manquent de précision. On a obtenu des résultats beaucoup mieux comparables par l'emploi du photomètre à scintillation[1], dans lequel deux éclairements de teintes différentes sont considérés comme égaux lorsque, agissant alternativement sur l'œil avec une fréquence très grande, toute scintillation disparaît[2]. Le dispositif utilisé est représenté schématiquement sur la figure 1.

Un spectromètre à déviation constante donne d'une source lumineuse (10) un spectre dont on délimite une faible étendue sur la fente oculaire (1). La source étalon (8) éclaire le disque (6) dont les deux secteurs pleins, formant

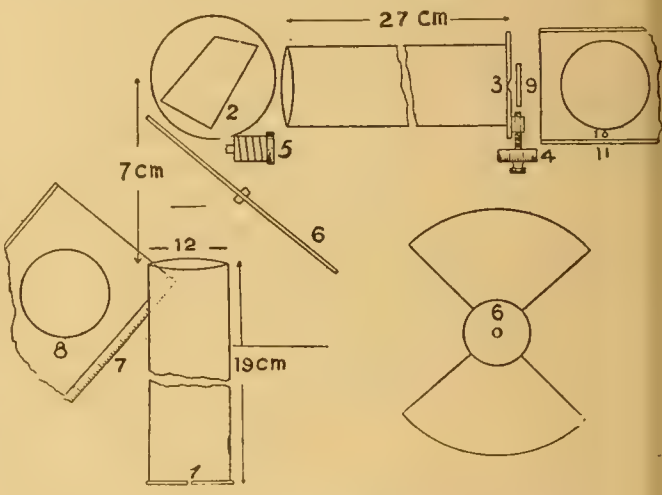


Fig. 1. — *Photomètre à scintillation disposé pour l'établissement de la courbe de luminosité.* — 1, fente oculaire; 2, prisme; 3, fente du collimateur; 4, 5, vis micrométriques; 6, disque à secteurs; 7, banc photométrique; 8, lampe étalon; 9, verre diffusant; 10, source lumineuse; 11, banc photométrique; 12, diaphragme.

en tout un angle de 180°, ont été recouverts de magnésie de manière à diffuser les rayons reçus vers l'appareil d'observation. En faisant tourner le prisme par l'intermédiaire d'une vis micrométrique (5), on amène sur la fente (1) telle portion du spectre que l'on désire; on modifie la quantité de lumière ainsi envoyée en agissant sur la largeur de la fente (3) du spectromètre.

Le disque étant mis en rotation rapide, l'œil, disposé devant l'appareil d'observation, reçoit : tantôt la lumière blanche provenant de la source étalon et diffusée par les secteurs pleins; tantôt les rayons monochromatiques provenant de la décomposition de la lumière émise par la source à

1. Crova et Lagarde : *Comptes rendus de l'Acad. des Sc. (Paris)*, t. XCIII, p. 959; 1881, et *Journal de Phys.*, 2e série, t. I, p. 162; 1882.

2. Macé de Lépinay et Nicati : *Annales de Ch. et de Phys.*, 5e série, t. XXIV, p. 289; 1881, et t. XXX, p. 145; 1882.

3. Langley : *Americ. Journ. of Science*, 3e série, t. XXXVI, p. 359; 1888. Voir également sur le même sujet l'étude de M. Ch. Ed. Guillaume : L'énergie dans le spectre, parue dans cette *Revue* (t. III, p. 12; 1892).

1. Ives : *Phil. Mag.*, 6e série, t. XXIV, pp. 149, 352, 744, 845, 853; 1912.

2. Pour des sources de même teinte, la disparition de la scintillation correspond bien à l'égalité des éclairements déterminée par les méthodes photométriques usuelles.

étudier et qui passent à travers les secteurs vides. Les deux sources étant invariables et fixes, on agit sur la fente (3) de manière à faire disparaître la scintillation successivement pour les différentes régions du spectre.

Si l'on a préalablement déterminé la répartition de l'énergie dans le spectre de la source à étudier, la mesure des largeurs de la fente (3) pour lesquelles disparaît la scintillation permet de connaître, en valeur relative, la quantité de lumière monochromatique qui, dans les différentes régions du spectre, produit le même éclairement qu'une quantité déterminée de lumière blanche. On obtient ainsi la courbe de luminosité spectrale dans laquelle on représente par l'unité le coefficient maximum (obtenu pour $\lambda = 0\mu 55$).

Le tableau I représente la moyenne des résultats obtenus pour 18 observateurs (16 hommes et 2 femmes), ne présentant aucune anomalie

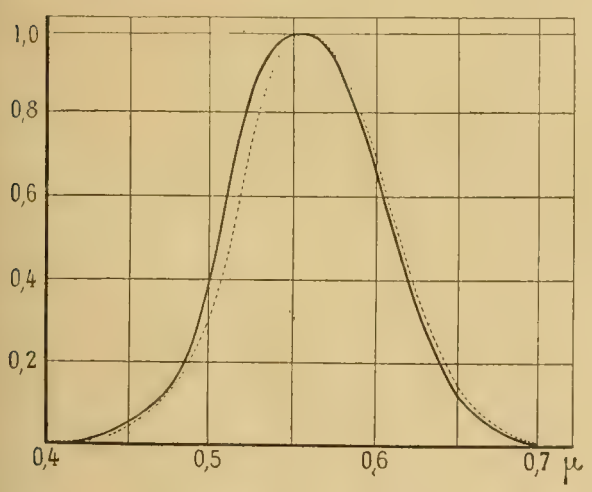


Fig. 2. — *Courbe de luminosité.* — La courbe en trait plein représente la courbe de luminosité déterminée par Ives; la courbe en traits ponctués, la courbe des coefficients de transmission de la solution absorbante utilisée dans le photomètre à lecture directe.

connue de la vision et dont l'âge variait entre 18 et 40 ans. Il permet de construire la courbe moyenne de luminosité pour un œil moyen (fig. 2).

Tableau I
Coefficients de luminosité relatifs aux différentes longueurs d'onde[1]

λ.		λ.	
0,44μ	0,029	0,57μ	0,948
0,45	0,047 (a)	0,58	0,875
0,46	0,073 (a)	0,59	0,763
0,47	0,107 (a)	0,60	0,635
0,48	0,154	0,61	0,509
0,49	0,235	0,62	0,387
0,50	0,363	0,63	0,272
0,51μ	0,596	0,64μ	0,175
0,52	0,794	0,65	0,104
0,53	0,912	0,66	0,068 (a)
0,54	0,977	0,67	0,044 (a)
0,55	1,000	0,68	0,026 (a)
0,56	0,990		

(a) Extrapolé.

1. Ives : Phil. Mag., *Ibid.*, p. 859.

3. *Réalisation du photomètre à lecture directe.* — Ives et ses collaborateurs ont réalisé la *photométrie à lecture directe* — ou, suivant leur expression, la *photométrie physique*, par opposition aux méthodes photométriques courantes qui mettent en jeu les propriétés physiologiques de l'œil de l'observateur — au moyen de deux dispositifs : l'un[1] pour les mesures délicates et précises qu'on peut effectuer au laboratoire, l'autre[2] en vue d'opérations plus rapides. Ces dispositifs reposent sur les mêmes principes que ceux de M. Féry dont il a été question plus haut.

Le premier appareil, auquel Ives donne le nom imagé d'*œil artificiel de précision* (fig. 3), comprend essentiellement un spectroscope qui produit un spectre de la source lumineuse sur un écran percé d'une ouverture dont la hauteur, pour chaque longueur d'onde, est exactement proportionnelle au coefficient de luminosité de cette longueur d'onde[3]. Un système convergent

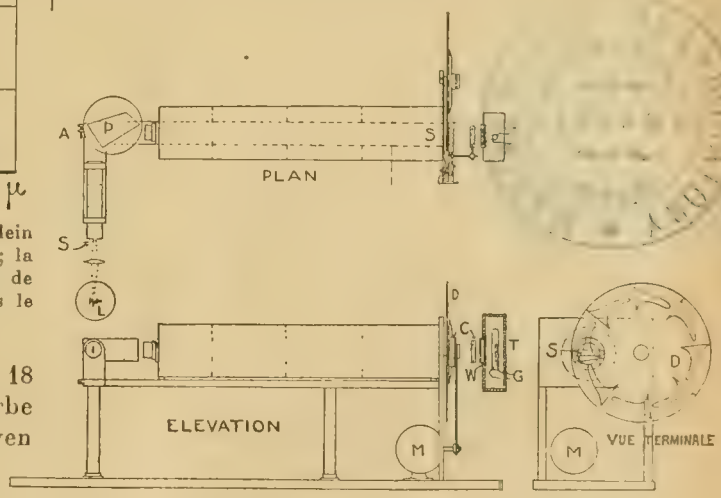


Fig. 3. — *Schéma de l' « œil artificiel de précision ».* — L, source lumineuse; S, fente; P, prisme; A, vis micrométrique; S', point de formation du spectre; C, lentilles convergentes; T, pile thermoélectrique; D, écran; G, fils allant au galvanomètre.

recombine ce qui passe du spectre en une image que l'on forme sur une pile thermoélectrique

1. E. Ives : *Phys. Rev.*, 2e série, t. VI, p. 319; 1915.

2. E. Ives et Kingsbury: *Phys. Rev.*, 2e série, t. VI, p. 319; 1915.

3. L'écran qui porte l'ouverture à travers laquelle passe le spectre peut être fixe ou bien porté par un disque rotatif, comme l'indique la figure 3.

sensible disposée dans le vide et reliée à un galvanomètre Thomson[1].

Cet appareil est considéré comme un appareil de précision, car il permet de tenir compte exactement de la courbe de luminosité. Il nécessite toutefois une source lumineuse d'un éclat intrinsèque considérable, à cause de la très forte absorption de lumière qui se produit dans la décomposition et dans la recombinaison spectrales. Aussi convient-il surtout, non pas tant pour la mesure des intensités des sources lumineuses elles-mêmes, que pour l'étude des écrans absorbants de différentes couleurs utilisés en photométrie pratique.

Le second instrument, étudié par Ives et Kingsbury, est d'un fonctionnement plus simple. Le rayonnement de la source lumineuse traverse une solution absorbante qui a, pour chaque longueur d'onde, un coefficient de transmission sensiblement proportionnel au coefficient de luminosité de l'œil pour cette longueur d'onde,

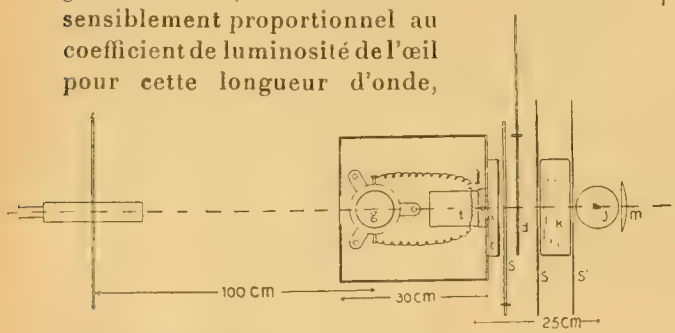


Fig. 4. — *Schéma du photomètre à lecture directe.* — *t*, pile thermoélectrique; *g*, galvanomètre; *l*, solution absorbante; *s'*, écrans; *k*, cuve à eau; *j*, source lumineuse; *m*, miroir concave.

et tombe sur une pile thermo-électrique[2] reliée à un galvanomètre d'Arsonval dont on observe les déviations dans une lunette. Une cuve à eau, disposée en avant de la solution absorbante, en empêche l'échauffement et élimine complètement les radiations infra-rouges que la solution pourrait transmettre; pour une épaisseur de solution de 1 cm., il est bon de prendre une épaisseur d'eau de 2 cm. au moins.

La solution à laquelle se sont arrêtés Ives et Kingsbury, après de nombreux essais, a la composition suivante :

Chlorure de cuivre.....	60 gr.
Sulfate de cobalt-ammonium..	14 »
Chromate de potassium.....	1,9
Acide nitrique.....	18 cc.
Eau jusqu'à.....	1 litre

1. La pile est formée d'un élément BiSn/BiSb. Le galvanomètre Thomson fournit dans une lunette une déviation de 1 mm. pour un courant de 2 à 5.10^{-10} a.

2. La pile, formée de 18 éléments Bi/Ag disposés en série, avait une résistance totale de 26 ohms.

La courbe de transmission spectrale de cette dissolution a été tracée en traits ponctués sur la figure 2, et se rapproche extrêmement bien, comme on le voit, de la courbe des coefficients de luminosité.

L'ensemble du dispositif utilisé est représenté schématiquement sur la figure 4.

Une source de 45 bougies a donné sur l'échelle du galvanomètre une déviation de 7 cm. sans l'emploi du miroir concave pour concentrer les rayons. Avec le miroir, la déviation s'élève à plus de 20 cm. C'est là une sensibilité suffisante pour les besoins usuels et qui permet de mesurer une source de 8 bougies avec une erreur relative moindre que 1 %. De légers perfectionnements du dispositif galvanométrique permettraient d'augmenter la précision de la méthode, de manière à la rendre avantageuse même pour les comparaisons photométriques de lumière blanche.

En résumé, les méthodes précédentes permettent d'obtenir, par une simple lecture, l'intensité lumineuse d'une source, quelle que soit sa coloration, avec une précision qui est comparable à celle d'une bonne mesure de photométrie visuelle. De plus, et ceci est important, le résultat obtenu représente la moyenne de ceux que trouveraient un grand nombre d'observateurs doués chacun d'une vision normale. Le seul inconvénient grave que présentent les photomètres à lecture directe est leur sensibilité relativement faible. Ils peuvent, actuellement, rendre des services pour l'étude des sources colorées utilisées comme étalons dans les mesures photométriques courantes, et de légers perfectionnements dans les dispositifs radiométriques leur permettront, sans nul doute, de devenir, dans un avenir rapproché, réellement pratiques.

II. — Application des photomètres a lecture directe a l'étude du rendement lumineux. Equivalent mécanique de la lumière.

Les méthodes dont nous venons d'exposer le principe permettent, non seulement la comparaison rationnelle des sources lumineuses de diverses couleurs, mais encore une évaluation satisfaisante du rendement de ces sources.

On pourrait appeler rendement d'une source lumineuse, le rapport de l'énergie rayonnée visible — c'est-à-dire comprise entre deux limites assez arbitraires situées dans le rouge et le violet — à l'énergie totale[1]. Mais ce rapport, dans

1. C'est ce qu'a fait, en particulier, M. Thadee Peczalski dans les intéressantes recherches qu'il a consacrées récemment à l'étude du rayonnement des sources de lumière (*C. R.*, t. CLXII, pp. 168, 294, 684; 1916).

lequel toutes les radiations, qui diffèrent si grandement au point de vue éclairant, prennent, à énergie égale, la même importance, ne donne qu'une idée assez grossière du fonctionnement de la source de lumière.

On aura, au contraire, une connaissance très précise de cette source si l'on sait évaluer, en bougies sphériques ou en lumens, le flux lumineux obtenu par watt de puissance totale rayonnée. On peut tout aussi bien former le rapport de la puissance éclairante, obtenue par une méthode de photométrie physique, à la puissance rayonnée totale, ce qui a l'avantage de faire apparaître le rendement sous la forme d'un pourcentage[1]. C'est ainsi qu'ont été obtenues, par le Dr Karrer[2], les valeurs R du rendement lumineux indiquées dans la 2e colonne du tableau II.

Les nombres qui expriment le rendement vraiment intéressant au point de vue technique, à savoir le rapport r de la puissance rayonnée lumineuse à la puissance absorbée par la source de lumière, sont encore plus faibles. On peut les obtenir en multipliant les rapports R de la 2e colonne du tableau II par le rapport du nombre total de watts rayonnés au nombre de watts fournis à la source, qu'on peut appeler rendement du rayonnement. En réalité, on n'a pas effectué de mesures de ce rendement du rayonnement, et les nombres r de la 3e colonne du tableau II ont été obtenus par une voie légèrement différente[3].

Tableau II
Rendement lumineux de quelques sources

NATURE DE LA SOURCE	R	r
Lampe étalon à filament de C de 4 w.	0,0045	0,0042
Lampe à filament de Tu (vide), 1,25 w. p. bougie	0,0165	0,0130
Manchon Auer, 0,75 °/o de Ce	0,0120	0,0019
Flamme du gaz	0,0019	0,00036
Lampe Nernst, 8 a.	0,0108	0,0077
Lampe à filament de Tu (remplie d'Az), 0,65 w. p. bougie	0,0290	0,0260

Ces mesures du rendement lumineux donnent, par surcroît, la valeur du coefficient introduit depuis longtemps dans la Science sous le nom d'*équivalent mécanique de la lumière* pour désigner le nombre de watts qui représentent l'énergie mécanique d'un flux lumineux déterminé : flux total émané d'une bougie moyenne sphérique ou flux rayonné par une bougie moyenne sphérique dans un angle solide unité (lumen).

Là encore, on a une évaluation défectueuse de l'équivalent mécanique de la lumière si on mesure l'énergie globale de toutes les radiations sans tenir compte des coefficients de luminosité.

Une première méthode, à la fois parfaitement correcte et très simple, consiste, comme l'ont fait MM. Buisson et Fabry[1], à mesurer l'énergie mécanique et le flux lumineux qui sont rayonnés par une source monochromatique, par exemple la radiation verte 5 460 A d'un arc au mercure. La légère incertitude du résultat obtenu $\left(\frac{1}{55}\right.$ de watt par bougie moyenne sphérique, ou $\left.\frac{1}{690}\right)$ de watt par lumen) tient à la difficulté de comparer photométriquement le rayonnement lumineux monochromatique de l'arc au mercure avec celui d'une source étalon de lumière blanche.

Cette difficulté disparaît dans les méthodes où l'on utilise les photomètres à lecture directe[2]. On peut faire porter les expériences sur des sources de lumière blanche que les méthodes de photométrie visuelle permettent de comparer aisément à l'étalon choisi ; le photomètre à lecture directe est utilisé pour évaluer en watt le flux lumineux.

Ives donne ainsi comme valeur la plus probable de l'équivalent mécanique de la lumière $\frac{1}{629}$ de watt par lumen[3].

Il semblerait même que cette méthode ne soit affectée d'aucune des causes d'erreurs inhérentes à la photométrie hétérochrome. En réalité, il ne faut pas oublier que la théorie du photomètre à lecture directe suppose connue la courbe de luminosité de l'œil pour les différentes radiations ; la courbe adoptée, qui représente la moyenne d'un certain nombre de courbes relatives à des individus sains, laisse place, malgré tout, à une incertitude. Rien ne prouve qu'en prenant un plus grand nombre d'individus on

1. Le nombre de watts transmis par la solution absorbante du photomètre à lecture directe décrit plus haut donnerait la *puissance lumineuse* de la source si le coefficient de transmission était exactement égal à l'unité pour la longueur d'onde de luminosité maxima ($\lambda = 0{,}55\mu$). En réalité, on devra diviser le nombre obtenu ainsi directement par le coefficient de transmission de la cuve pour cette longueur d'onde.

2. Karrer : *Phys. Rev.*, 2e série, t. V, p. 189 ; 1915.

3. Ives : *Phys. Rev.*, 2e série, t. V, p. 390 ; 1915.

1. Buisson et Fabry : *C. R. de l'Académie des Sciences* (Paris), t. CLIII, p. 254 ; 1911.

2. Ives, Coblenz et Kinsbury : *Phys. Rev.*, 2e série, t. V, p. 269 ; 1915. Un résumé de ce travail a paru dans la *Revue* du 15 novembre 1915, p. 598. Signalons à ce propos une erreur qui s'est glissée dans la chronique où il est dit que le watt vaut 1/690 ou 1/618 de lumen ; c'est au contraire le watt qui vaut 690 ou 618 lumens.

3. Cette valeur diffère légèrement de celle (1/618) qui avait été donnée par Ives, Coblentz et Kingsbury dans le travail auquel on a fait allusion un peu plus haut. La différence provient d'une correction dont Ives a reconnu plus récemment la nécessité (Ives : *Journal of the Franklin Institute*, t. CLXXX, p. 436 ; 1915).

n'aurait pas une courbe moyenne différente, qui conduirait pour la valeur de l'équivalent mécanique de la lumière à un résultat différent.

La précision absolue, dans cet ordre d'idées, étant impossible à atteindre, peut-être pourrait-on, après un grand nombre de mesures sur des individus en apparence normaux, arrêter que la courbe déduite de l'ensemble des résultats obtenus représente la sensibilité spectrale pour l'*œil moyen*.

Cette définition permettrait, grâce aux méthodes de photométrie à lecture directe, d'évaluer en watts un flux lumineux quelconque, et, par suite, de substituer aux unités photométriques actuelles, incohérentes et arbitraires, une unité CGS. Le watt, qui est l'unité de puissance mécanique, de puissance électrique, de puissance calorifique, de puissance chimique, deviendrait l'unité de puissance lumineuse : la lumière, par ses manifestations physiologiques, rentrerait dans le cadre des grandeurs physiques, pour le plus grand avantage des techniciens et des savants.

A. Boutaric,
Chargé d'un cours complémentaire de Physique,
à l'Université de Montpellier.

LA MISE EN VALEUR DES TERRES ÉVENTÉES EN FRANCE

Le vent représente la cause essentielle de l'absence de végétation des régions désertiques en France, d'une grande partie de nos côtes, en particulier.

Sous l'influence du vent, le sol acquiert un certain nombre de propriétés, toutes également défavorables à la végétation.

Il devient stérile, mobile et aride, car l'humus superficiel est entraîné, les particules sableuses sont déplacées ; la surface se dessèche au contact d'une atmosphère sans cesse renouvelée et forme une croûte dure qui s'oppose à la pénétration des pluies.

Le sol présente de grandes variations de température, diurnes et saisonnières. Il gèle en hiver parce que la neige, balayée par le vent, ne peut le protéger, et il est brûlant en été parce qu'il est desséché ; sur les côtes landaises, par exemple, on note un écart annuel de — 12° à + 38°.

La végétation y est déchaussée ou ensevelie tour à tour par le déplacement du sol ; elle est érodée par les tourbillons de sable, desséchée par le renouvellement constant de l'air, qui exagère l'évaporation en empêchant l'atmosphère de se saturer au contact des plantes. A ces effets s'ajoute encore sur les côtes l'action corrosive des flocons d'écume entraînés au loin vers l'intérieur.

Les phénomènes d'ensablement, enfin, résultent du

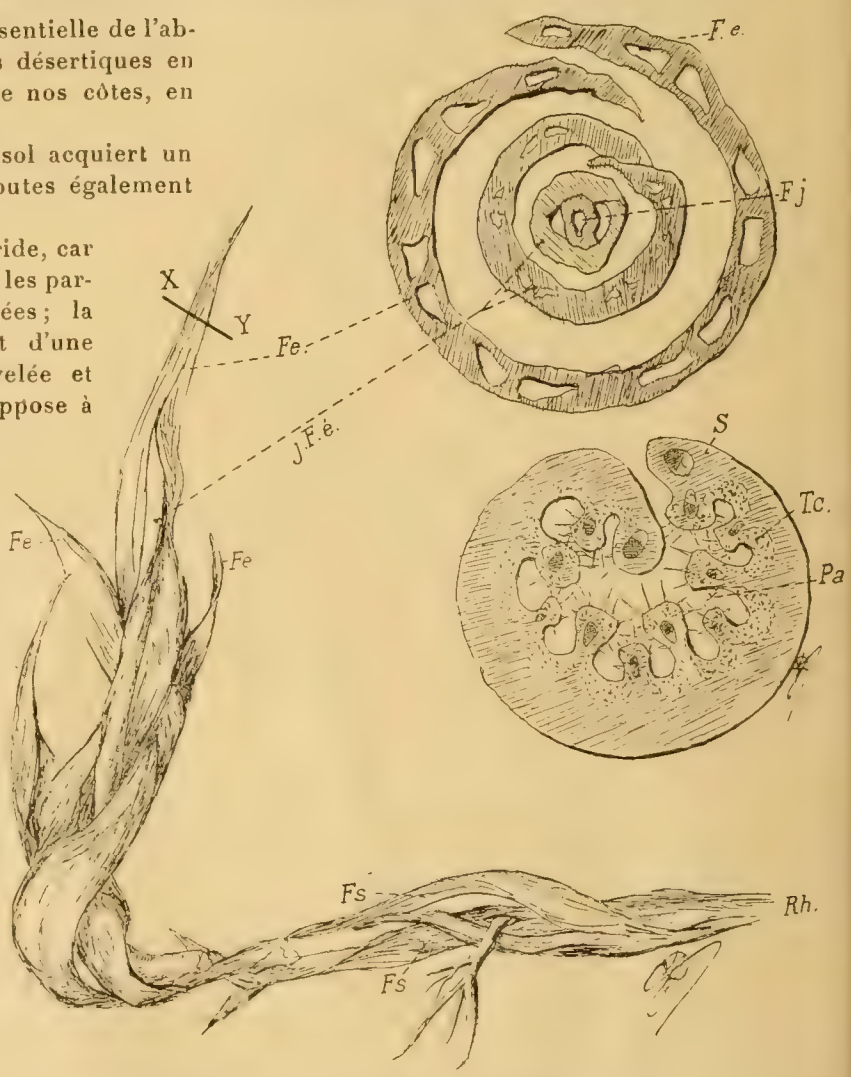


Fig. 1. — *Jeune pousse de* Psamma arenaria (*Gourbet ou Oyat*), *Graminée des dunes littorales*. — En haut, à droite : *Coupe transversale, suivant XY, d'une jeune pousse d'Oyat*. — En bas, à droite : *Feuille aérienne assimilatrice d'Oyat, enroulée par la sécheresse*. — *Fe*, feuille écaille protégeant les feuilles du centre ; *F. j.*, feuille jeune évoluant en feuille assimilatrice ; *F.s.*, feuille souterraine ; *Rh.*, rhizôme ; *S*, sclérenchyme ; *T.c.*, tissu chlorophyllien ; *Pa*, poils absorbants. — Les feuilles assimilatrices, situées au centre, sont complètement enveloppées par les feuilles-écailles.

transport et de l'abandon, sur les parties émergées du littoral, des sables enlevés par le vent pendant la basse mer en avant de la ligne des rivages.

C'est l'ensablement qui produit les dunes. Les unes sont de petites « dunes bordières »

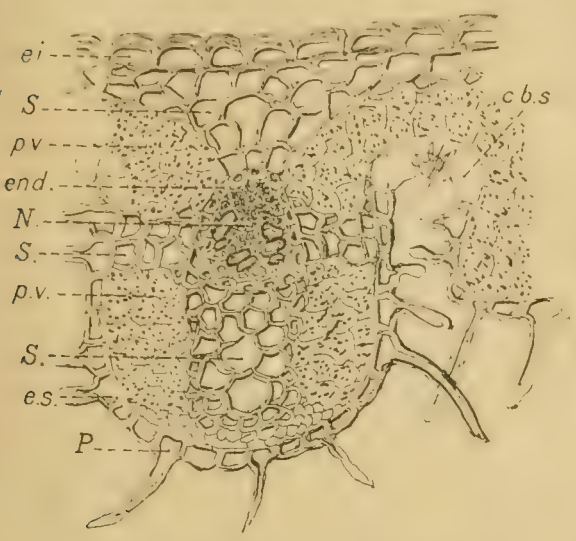


Fig. 2. — *Feuille aérienne d'Oyat* (coupe transv.) (voir légende fig. 4).

parallèles au rivage : telles sont les dunes landaises. Sur la côte du Cotentin [1], du Pas-de-Calais, sur les bords du Bassin d'Arcachon (dune du

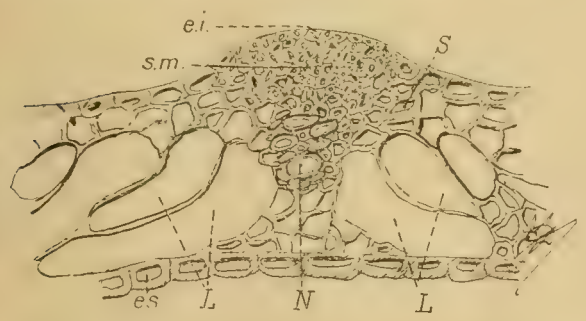


Fig. 3. — *Feuille-écaille d'Oyat* (voir légende fig. 4)

Pilat), le sable des dunes bordières est repris par le vent et accumulé sur les collines de l'intérieur voisines du littoral.

Le sable de ces « dunes sur collines » fait disparaître l'ancienne topographie, submerge forêts, champs et villages. La hauteur du sable atteint 150 mètres aux dunes d'Étaples, 110 à celles du Pilat, 80 m. à Vasteville. Et sur le littoral breton, principalement en Morbihan, M. Parisot [2] évalue à plusieurs milliers d'hectares la surface occupée par les dunes.

1. A. Bigot : Le littoral de la Normandie. *Compte rendu de la 43e session de l'Ass. Fr. pour l'Avancement des Sc.*, 1914.

2. Mise en valeur des dunes en Bretagne. *Vie agricole*, t. VIII, n° 27 ; 1914.

Non seulement ces immenses champs de sable sont presque totalement improductifs, mais leur progression constitue une menace pour les terres cultivées voisines.

I

Pour mettre en valeur les terres fortement éventées, il faut avant tout les abriter des effets dévastateurs du vent : mettre la végétation à

Fig. 4. — *Feuille souterraine d'Oyat.*

P, poil absorbant; *L*, lacune; *N*, nervure; *S*, sclérenchyme *e.i.*, épiderme inférieur; *e.s.*, épiderme supérieur; *p.v.*, parenchyme chlorophyllien; *end.*, endoderme; *s.m.*, assise mécanique sclérifiée.

l'abri de l'érosion, et pour cela prévenir le transport du sable en le fixant ; mettre ensuite les plantes à l'abri de l'action desséchante du vent derrière des écrans capables de le tamiser ou de le briser.

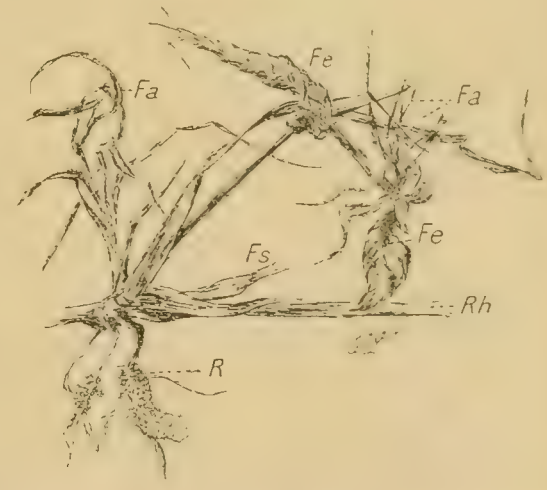


Fig. 5. — *Glycérie des sables, type de Graminée des dunes.*

Fe, feuilles écailles, formant un bourgeon capable de passer les périodes sèches à l'état de vie latente, et reviviscent sous l'influence de l'humidité; *Fa*, feuilles assimilatrices à poils absorbants ; *Fs*, feuilles souterraines ; *Rh*, tige rampante sur le sol; *R*, racine avec gaine mycélienne de mycorhizes.

On peut, en s'adressant à des espèces végétales suffisamment robustes, constituer des haies d'arbustes ou d'arbres qui jouent ce rôle d'écrans protecteurs. En effet, la flore des aires soumises aux vents les plus violents présente des espèces de plantes que des adaptations spéciales, dites *xérophytiques*, mettent à même de végéter dans les conditions défavorables de leur habitat.

Ces formes présentent deux types : les Sclérophylles et les Succulentes. Toutes s'organisent en vue de soutirer au sol et à l'atmosphère de grandes quantités d'eau et d'en perdre très peu par évaporation, puis de protéger leurs surfaces contre l'érosion éolienne.

Les Sclérophylles (fig. 1 à 8) sont représentées par des herbes dures et des arbustes épineux protégés par des épidermes recouverts de cutine ou de cire, encroûtés par des dépôts de sels minéraux ou revêtus d'un épais feutrage de poils. Leurs feuilles, très réduites, sont linéaires ou éricoïdes, c'est-à-dire qu'elles s'enroulent sous l'influence des vents secs. Une grande concentration du suc cellulaire leur fait retenir l'eau énergiquement.

Le système radiculaire des Succulentes est disposé horizontalement à quelques centimètres de la surface pour recueillir plus facilement l'eau des pluies [1]. La cessation des pluies est bientôt

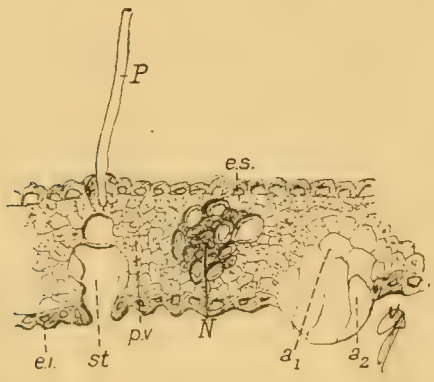


Fig. 6. — *Feuille assimilatrice de Glycérie des sables* (voir légende fig. 8).

suivie du desséchement des couches superficielles ; les radicelles se flétrissent, pour être remplacées à la prochaine période pluvieuse.

Sclérophylles et Succulentes possèdent souvent des poils capables d'absorber les gouttes d'eau de pluie ou de rosée déposées à la surface des feuilles, comme l'ont montré Spalding [2], Schœnland [3] et Marloth. Marloth [4] a mis en évidence l'absorption d'eau et de vapeur d'eau par les poils de *Crassula* et de *Mesembryanthemum*. Miss Delf [5] a montré que l'eau, à l'état de liquide ou de vapeur, traverse l'épiderme des organes verts de *Suadea maritima* et de *Salicornia annua*.

La structure des poils absorbants jeunes est telle qu'elle permet l'arrivée de l'eau jusqu'aux cellules vivantes.

La forme de poils la plus caractéristique s'observe chez le genre *Atriplex*; l'*A. leucoclada* possède de gros poils sphériques gorgés d'eau

Fig. 7. — *Cellules aqueuses de la feuille de Glycérie* (coupe transversale) (voir légende fig. 8).

pendant les périodes humides. Cette eau est absorbée pendant les périodes de sécheresse et les membranes des cellules vides et aplaties forment autour de la feuille un revêtement protecteur.

Les Succulentes (fig. 9 et 10), en reproduisant les caractères externes des Sclérophylles, développent les tissus corticaux ou médullaires de leurs tiges et de leurs feuilles, qui se transforment en réservoirs capables de mettre en réserve des quantités énormes d'eau.

Les feuilles globuleuses ou cylindriques s'imbriquent autour de la tige qu'elles protègent. La

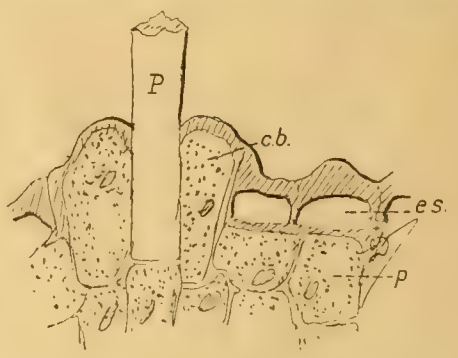


Fig. 8. — *Poil absorbant de la feuille de Glycérie.*
P, poil absorbant; *e. i.*, épiderme inférieur; *e. s.*, épiderme supérieur; *p. v.*, parenchyme chlorophyllien; a_1, cellules aqueuses du parenchyme; a_2, cellules aqueuses de l'épiderme; *N*, nervure.

plante entière tend à prendre une forme sphérique pour offrir une surface d'exposition minimum.

Les tissus sont facilement entamés par les tourbillons de sable, mais possèdent une

1. Dr Cannon : Root habits of desert plants (*Carnegie Institution of Washington*).

2. Absorption of atmospheric moisture by desert Shrubs ; *Bull. Torr. Bot. Club.*, 1906.

3. On the absorption of Water by the aerial organs of some Succulents. *Transact. Roy. Soc. South Africa*, vol. I, 1910.

4. Notes on the absorption of Water by aerial organs of plants. *Trans. Roy. Soc. South Africa*, vol. I, 1910.

5. Transpiration and Behaviour of Stomata in Halophytes. *Annals of Botany*, vol. XXV, ap. 1911.

aptitude particulière à se cicatriser et à se reconstituer.

Sans présenter des types aussi différenciés que ceux des déserts de l'Arizona qui sont capables de vivre 25 ans sans recevoir une goutte d'eau[1], la flore des aires arides en France est pourtant riche en espèces bien caractérisées comme les Mésembryanthemums, les Euphorbes, les Crassulacées, auxquelles on peut ajouter les espèces subspontanées comme les Yuccas et les Agaves.

II

Sur une plus ou moins grande échelle, tous les représentants de cette flore xérophytique sont utilisables pour la mise en valeur des terres éventées.

L'expérience a montré que l'érosion des organes aériens par les tourbillons de sable est l'obstacle le plus grave au succès de la végétation des arbres exposés au vent.

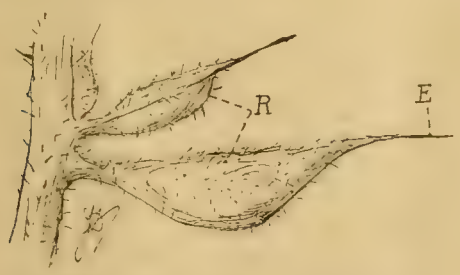


Fig. 10. — *Feuilles succulentes et épineuses de* Salsola kali. — R, réservoir d'eau; E, épine.

Seuls, les Conifères possèdent dès leur jeune âge un revêtement de liège assez dur pour ne pas se laisser entamer. Encore, sur les dunes mouvantes de Gascogne, où l'érosion est intense au point de dépolir en quelques mois le verre des bouteilles qu'on y abandonne, les rameaux exposés au vent sont rapidement mortifiés et ceux que le tronc protège végètent seuls.

On voit alors les pins maritimes croître en sympodes infléchis vers l'intérieur[1].

Le premier acte de la mise en valeur des sables mobiles est donc leur fixation.

Comme bel exemple, la station landaise de Mimizan présente la magnifique dune demi-circulaire du Dos, fixée par un habitant du pays, Teixoëres, au moyen de semis de Gourbet, en 1770, quand déjà la moitié de l'église était ensevelie.

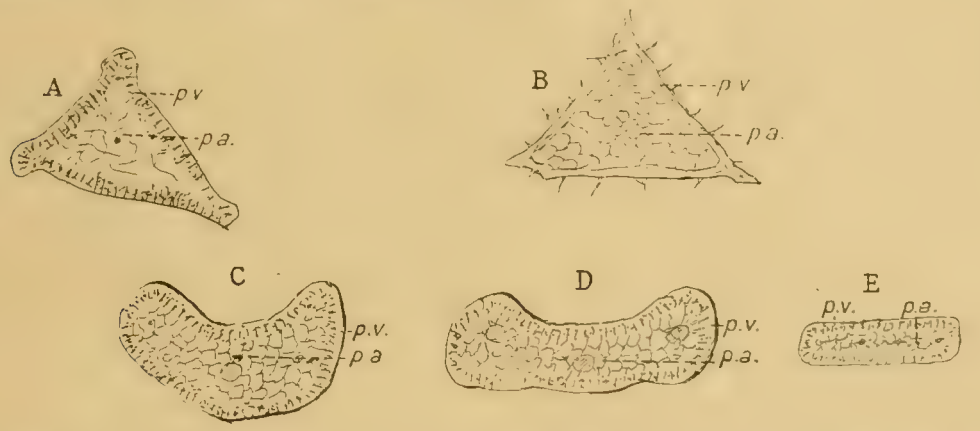


Fig. 9. — *Adaptation des feuilles à la sécheresse (feuilles grasses, coupe transv.).* — A, feuille de *Mesambryanthemum;* B, feuilles de *Salsola kali* (littoral de l'Océan); C, feuille de *Plantago;* D, feuille de *Cakile maritima;* E, feuille d'*Euphorbia peplis.* — *p. v.*, parenchyme vert; *p. a.*, parenchyme aqueux.

Le Gourbet (Oyat, *Psamma arenaria*) est la Graminée xérophyte type de nos côtes, celle que, suivant l'exemple ancien de Mimizan, l'Administration forestière emploie à fixer les dunes du Nord, de la Basse Normandie et de Gascogne[2] (fig. 11).

Les landes et les dunes de l'intérieur de la Gascogne avaient été depuis longtemps plantées de forêts de pins maritimes[3].

Mais ce n'est qu'à l'abri d'une zone littorale préalablement fixée sur une centaine de mètres de profondeur (et où d'ailleurs l'ensemencement ou le réensemencement et la plantation de Gourbet se poursuivent encore de nos jours) que

1. T. D. Mac Dougal : *The Plant World*, vol. XII, p. 226; oct. 1909, et The end results of the dessiccation and starvation in desert plants : *Physiol. Researches*, vol. I; 1915.

1. *Procès-verbaux de la Société linéenne de Bordeaux*, t. LX, p. LXXII et p. LXIII.

2. Noter que les dunes allemandes de Cuxhaven sont fixées par la Bruyère (*Calluna vulgaris*) (voir Graebner : Heide Norddeutschlands, et Livingston : The heath of Luenburg. *Plant World*, t. XII, n° 10, Tucson, 1909).

3. M. de Villers : Mémoire remis au ministère de la Marine sur l'immobilisation des sables des dunes par des semis de pins. 1772.

Abbé Desrivy : Recherches sur l'origine des sables de nos côtes..... et sur les moyens de les fixer..... 1776.

Brémontier : Mémoires de 1784; — expériences de 1786-87.

l'Administration forestière a pu avancer jusque sur les dunes côtières les forêts domaniales qui s'étendent aujourd'hui de l'embouchure de la Gironde à celle de l'Adour.

Sur les pentes accentuées qu'offrent parfois les dunes vers le large, la fixation des sables devient particulièrement onéreuse. Il faut diviser la pente en terrasses soutenues par des clayonnages ou des fascines de bruyères, où plus économiquement recouvrir les semis de Graminées avec des branchages coupés dans la forêt voisine (branches d'ajonc, de genêt, aiguilles de pin).

Fig. 11. — *Schéma de dune littorale fixée (Gascogne).*

Dans le sable ainsi maintenu, les graines peuvent germer, prendre racine et immobiliser définitivement le sol où elles croissent.

Là où le sol est fixé et où l'érosion n'est pas à craindre, la constitution des brise-vents est aisée; mais, dit M. W. H. Fairfield[1], elle est tellement importante que l'on ne saurait trop insister à ce sujet. Cette importance ressort de deux exemples choisis entre d'autres.

Près d'Etretat, la ferme du Tilleul a été exploitée avec de grosses pertes, parce que, bâtie sur la falaise, elle n'est pas protégée du vent, que par suite la formation d'un verger de pommiers à cidre a été impossible, et que d'ailleurs la traversée de la cour éventée est également dangereuse pour les travailleurs et les bestiaux revenant du travail ou sortant des bâtiments. C'est sur l'abri d'une haie d'arbres à croissance rapide que compte le tenancier actuel pour rendre possible une bonne exploitation.

Près de Roscoff, des landes que leur stérilité avait fait nommer par les paysans « Landes du Diable » ont été rendues à la culture des céréales à l'abri de plantations de Pin noir.

Tout le long du littoral français, nous voyons les terres cultivées et habitées protégées par des haies de végétation.

En haute Normandie, c'est derrière des levées de terres plantées de chênes séculaires que s'abritent fermes et vergers, et ces chênes aux branches tordues fournissent les membrures chantournées des grosses barques normandes.

Sur les côtes de Bretagne et du Bassin d'Arcachon, les jardins sont protégés par des haies de Pourpier de Mer (*Atriplex*) et de Tamaris ou des bouquets de Bambous.

Les célèbres cultures de primeurs des environs d'Alger se font à l'abri des haies littorales de Roseaux (*Arundo Donax*).

Les vents de Nord et d'Est étant plus redoutables pour les poissons que les plus grands froids, on comprend que les haies brise-vents soient les facteurs essentiels de la protection des établissements de pisciculture.

Pour protéger les bassins d'alevinage, M. le professeur Jolyet[1] préconise le Pin noir, très résistant au vent.

Sur les bords du Bassin d'Arcachon, des haies de Tamarins, plantées dans les terres imbibées d'eau salée des délaissés de mer, protègent les digues de 1.200 hectares de réservoirs à poissons contre la brutale agression des tempêtes. Plantés au sommet des mêmes digues, ils protègent contre les vents de « noroit » les bassins « profonds » où le poisson se réfugie en hiver (fig. 12).

1. *Bull. Service de l'Horticulture*, Ottawa, 1915 : Rapp. de la Stat. Exp. de Lethbridge, p. 69 et 71 : Arbres pour brise-vents.

1. Le Pin noir (*Vie agricole*, p. 98; 1916), et Traité de Sylviculture, Paris, 1916.

Ainsi sont évités ou du moins atténués les désastres que M. Linyer[1] signale dans l'exploitation des marais à poissons de la Vendée, où l'on voit, malgré la protection de palissades et même de murs, la population d'un marais périr toute entière en une nuit[2] (1879, 1890...).

Mais, quel que soit l'intérêt économique de la protection des cultures végétales ou zoologiques par les brise-vents, il est effacé par l'importance sociale de la solution que la constitution judicieuse de ces brise-vents offre à la question aujourd'hui angoissante de l'amélioration du logement des ouvriers et surtout des marins pêcheurs[3]. Rendre habitables de grandes étendues du domaine maritime ou du littoral de diverses communes, tel est le but à atteindre pour décongestionner les agglomérations urbaines malsaines[4].

Les exemples rapportés par M. le docteur Lancry[5] montrent le parti à tirer des nombreuses terres incultes de nos côtes à ce point de vue.

Une colonie de miséreux, d'infirmes, de faibles d'esprit, établie au début du siècle dernier sur 1700 hectares de terres arides connues sous le nom des Kimpen de Loon, compte aujourd'hui 70 jardins cultivés et contenant des maisonnettes.

Les colonies : de Bray-dunes, fondée en 1782 sur les dunes frontières de Belgique, de Fort Mardyck exploitant 125 hectares de dunes sous un régime agraire, l'Association des inscrits maritimes (XVIIIe siècle) du hameau des Huttes formaient avant la guerre des villages prospères.

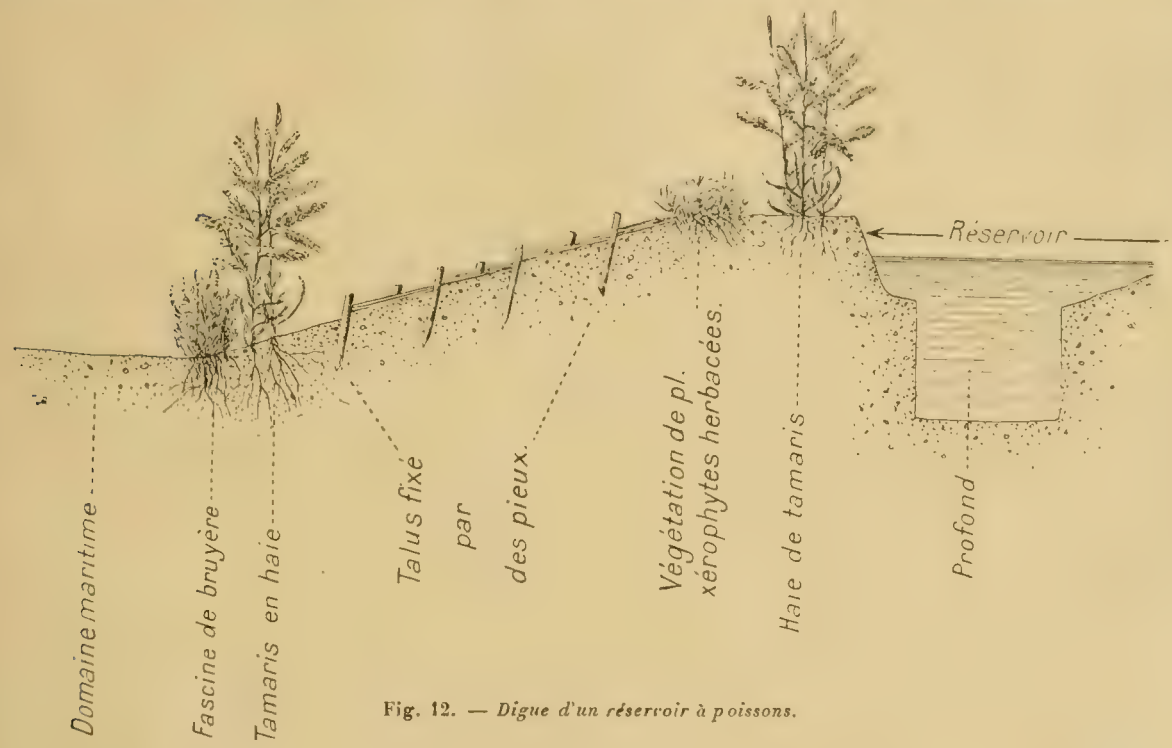


Fig. 12. — *Digue d'un réservoir à poissons.*

La comparaison de la proportion des naissances et des décès, proportion qui est de 0,9 % dans un port comme Cherbourg[1] et de 1,7 pour la colonie de Fort Mardyck, met éloquemment en relief l'intérêt hygiénique et par suite national de cette question.

Or, il existe le long du littoral de la Manche, de l'Océan et de la Méditerranée de vastes terrains qu'il serait facile de rendre utilisables à peu de frais pour y créer des colonies.

Ces colonies, conçues sur le système allemand, c'est-à-dire soumises à une réglementation empêchant la construction de nouveaux taudis et reliées aux centres par des voies de communication rapides, réaliseraient l'idéal que se proposait M. de Thézac en fondant « le Bien du Pêcheur » : supprimer « les entassements humains » de Basse Bretagne, combattre l'oisiveté et par là l'alcoolisme en donnant au colon le goût de la terre à cultiver.

1. M. Descas et Dr Muratet : Le Bassin d'Arcachon : Ses réservoirs à poissons. *IVe Congrès nat. des Pêches marit.*, p. 569-591 (1908).
2. *Ve Congrès nat. des Pêches mar.*, I, p. 96 (1910).
3. E. Cacheux : *Congrès nat. des Pêches marit.*, Mém., p. 340 (1908).
4. Enquête sur les locaux habités par les pêcheurs de Brest, par M. le Dr Thésée.
5. Les populations physiologiques du littoral du Nord.

1. Statistique du ministère de l'Intérieur, 1908.

Nous savons d'ailleurs que là où les terres côtières ont été livrées à la culture ou rendues habitables, c'est pour une grande part à l'abri d'écrans de végétation. Le premier acte de la colonisation doit être la constitution judicieuse de ces écrans.

Là où le vent n'est pas particulièrement violent, on pourra s'adresser à des arbres de croissance rapide, peupliers rustiques et saules sur les terres humides, conifères sur les sables.

Sur les aires soumises aux grands vents desséchants, on devra se contenter de haies de Tamaris ou d'Atriplex, telles que celles qui abritent les agglomérations ostréicoles du Bassin d'Arcachon.

Deux choses restent essentielles : les espèces végétales choisies doivent être bien adaptées aux conditions de l'habitat ; la terre doit être cultivée parfaitement, jachérée l'année précédente et binée soigneusement tout l'été autour des arbres nouvellement plantés [1].

En résumé, la mise en valeur des dunes et même des côtes en général reste encore une exception.

Elle devrait être la règle — dans l'intérêt de l'extension des aires cultivables et habitables — elle pourrait le devenir par la fixation des sols mobiles au moyen de plantes herbacées ou buissonnantes xérophytes et par la plantation sur le sol fixé d'arbres brise-vents appropriés.

J. Dufrénoy,
Ancien élève de l'Institut agronomique.

1. W. H. Fairfield : *Loc. cit.*

LES MODIFICATIONS A APPORTER AUX LOIS RÉGISSANT LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE[1]

Tandis que nos armées luttent contre l'ennemi sur le front, beaucoup d'esprits, à l'intérieur, se préoccupent, non sans raison, de la situation qui sera faite à notre industrie à l'issue de la guerre. Frappés de la stagnation relative de l'industrie française pendant ces dernières années, de sa timidité, de l'insuffisance de sa résistance contre l'envahissement des industries étrangères, spécialement de l'industrie allemande, ils se demandent si, participant au renouveau général des choses après les épreuves que nous traversons, elle pourra redevenir maîtresse du marché français, et même conquérir, dans les limites de la production nationale, de nouveaux marchés, et recherchent les moyens de lui insuffler une vie nouvelle.

Pour certains, le mal dont ont souffert notre industrie et notre commerce proviendrait de l'insuffisance de nos lois en matière de propriété industrielle, qu'il faudrait modeler sur celles des Etats dont l'industrie s'est montrée dans ces dernières années particulièrement florissante. C'est ainsi que, depuis quelques mois, les projets succèdent aux projets pour réformer la propriété industrielle, en s'inspirant des idées allemandes, et après avoir souffert pendant longtemps d'être trop délaissée, notre législation spéciale risque peut-être de souffrir plus encore de l'intérêt subit que beaucoup de réformateurs lui portent aujourd'hui.

La loi de 1844 sur les brevets d'invention, notamment, est, de la part de certains groupements industriels, l'objet des plus vives critiques. Des modifications profondes sont proposées. Sans méconnaître que les diverses lois qui organisent la propriété intellectuelle soient susceptibles de perfectionnements et d'améliorations, il ne semble pas qu'il faille attribuer à l'insuffisance de la législation spéciale le malaise de notre industrie. Il tenait bien plus à la situation économique générale du pays, à la crainte qu'inspirait l'avenir devant la menace allemande, au désir de jouissance immédiate des classes laborieuses, soigneusement entretenu par certains groupes politiques, à la place de plus en plus grande prise dans le Parlement par les discussions politiques au détriment des lois d'affaires, au développement du fonctionnarisme et des complications et tracasseries qu'il entraîne, à notre organisation et à nos mœurs judiciaires mêmes, lenteur des procès, durée et coût excessif des expertises, médiocrité des dommages-intérêts alloués, en relation avec l'insuffisance de traitement des magistrats, qu'aux dispositions mêmes inscrites dans nos lois spéciales.

Parmi ces causes de gêne et de faiblesse, les

1. Cet article a été écrit en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* Voir les précédentes réponses dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars 1916. (N. de la Réd.)

unes sont appelées à disparaître par la guerre elle-même qui, retrempant les cœurs et les esprits, fera, il faut l'espérer, apparaître comme très médiocres des choses auxquelles on attachait auparavant une importance excessive; les autres ne disparaîtront que le jour où l'intérêt électoral immédiat cédera devant l'intérêt général du pays : peut-être là encore la guerre exercera-t-elle une influence salutaire.

Il est néanmoins certain qu'à l'issue des hostilités, beaucoup de problèmes économiques et sociaux devront être abordés, et qu'il conviendra d'en profiter pour introduire dans la législation industrielle les perfectionnements dont elle paraît susceptible. Nous nous proposons, en laissant de côté les idées et les projets utopistes, non susceptibles de réalisation pratique, de rechercher ici quelles sont, dans le domaine de notre législation industrielle nationale, les réformes désirables et immédiatement réalisables. Nous examinerons ensuite très brièvement au même point de vue, dans une dernière partie, les améliorations d'ordre international qu'il conviendrait de réaliser, soit par le Traité de paix, soit par des conférences diplomatiques ultérieures.

* * *

Les créations de la propriété intellectuelle se classent en deux grandes catégories bien distinctes : les unes ont trait à des découvertes ou inventions aboutissant à un résultat industriel, c'est-à-dire poursuivant la réalisation d'un but directement utilitaire; elles comprennent les inventions brevetables et les secrets de fabrique, et elles sont protégées par la loi de 1844 sur les brevets d'invention et l'article 418 du C. P.

Les autres ne font que prendre dans le fonds commun une chose ou une idée préexistante, pour la revêtir d'une forme nouvelle qui, seule, appartient à celui qui l'a imaginée ; elles tendent, non à la satisfaction d'un besoin industriel, mais à l'accroissement du domaine de l'agréable, sans que l'utilité en soit accrue ; ce sont les créations de la forme : créations littéraires, artistiques, dessins et modèles, protégées par la loi des 19-27 juillet 1793 sur la propriété littéraire et artistique, et la loi du 14 juillet 1909 sur les dessins et modèles.

A côté de ces lois, gardiennes de la propriété intellectuelle, il existe une série de dispositions qui tendent, en assurant le respect du nom commercial, des marques de fabrique et de commerce, des indications de provenance des produits, etc., à maintenir la loyauté du commerce (loi de 1824, sur le nom commercial, loi de juin 1857 sur les marques de fabrique et de commerce, loi de 1892 sur le tarif général des Douanes, art. 15, loi du 5 juillet 1905 sur les fraudes, etc...).

C'est cet ordre et cette classification que nous suivrons au cours de cette étude.

I. — Découvertes ou inventions aboutissant a un résultat industriel.

§ 1. — Brevets. Loi du 5 Juillet 1844.

Il est incontestable que la loi de 1844, très remarquable pour son époque, et à l'élaboration de laquelle des savants et des jurisconsultes éminents ont participé, ne répond plus entièrement, le temps faisant son œuvre, aux besoins et aux exigences de l'industrie moderne. Des modifications heureuses (publication intégrale des brevets par fascicules séparés, délai de grâce pour le paiement des annuités, faculté de maintenir secret pendant un an le brevet déposé lui ont été apportées en 1902 ; mais l'harmonie générale de la loi, dont la rédaction avait été particulièrement soignée, s'en est trouvée quelque peu atteinte.

A la suite d'enquêtes faites dans les milieux intéressés, et auprès des associations s'occupant des questions de législation industrielle, un projet de revision de la loi de 1844 a été déposé en 1892 par le Gouvernement. On y proposait avec grande prudence une refonte de la loi, dans celles de ses parties qui ne sont plus en rapport avec les besoins actuels, en s'appliquant à n'introduire que les réformes sur lesquelles l'accord des intéressés était facile à obtenir. Ce projet a été tout récemment déposé à nouveau sous une forme un peu différente. Ce mode de procéder, très sage cependant, est vivement combattu par certaines personnalités qui souhaitent des modifications profondes au système en vigueur, et voient dans un bouleversement des principes de la loi le moyen de « sauver » l'industrie française [1].

Examinons donc, en suivant l'ordre même de la loi, quelles sont les modifications qu'il est raisonnable de souhaiter.

La loi de 1844 accorde le bénéfice du brevet à celui qui le demande le premier, qu'il soit ou non l'inventeur, et concède à son titulaire un droit exclusif d'exploitation temporaire. La loi de 1791 accordait à l'inventeur un droit de propriété, limité d'ailleurs dans le temps. La loi des

1. Voir notamment les travaux de la *Réunion d'Études en vue de réformer la législation sur les Brevets d'invention.* Paris, Villain, 1915.

Etats-Unis réserve le brevet au premier inventeur. Certains esprits proposent de revenir à la disposition de 1791 et d'inscrire dans la loi que le droit de l'inventeur est une propriété.

On a longuement discuté, dans les Congrès, notamment en Allemagne, sur la nature du droit de l'inventeur ; au fond, la querelle est vaine : qu'il s'agisse d'un droit de jouissance ou d'un droit de propriété, les modalités que les nécessités sociales et industrielles obligent à imposer à l'exercice du droit sont sensiblement les mêmes, et aucun changement à la loi ne s'impose sur ce point.

En ce qui concerne les caractères de brevetabilité, le texte actuel exige, pour qu'une invention soit brevetable, sa nouveauté absolue : il faut que, nulle part, avant la prise du brevet, l'invention ait reçu une publicité suffisante pour pouvoir être exécutée.

Sont considérées, d'autre part, comme inventions ou découvertes nouvelles, l'invention de nouveaux produits industriels, l'invention de nouveaux moyens, ou l'application nouvelle de moyens connus pour l'obtention d'un résultat ou d'un produit industriel. Ne sont pas susceptibles d'être brevetés les plans ou combinaisons de crédit ou de finances (ces plans ou combinaisons sont dépourvus du caractère industriel exigé par la loi) et les compositions pharmaceutiques et remèdes de toutes espèces.

D'une façon générale, les caractères de brevetabilité écrits dans la loi, commentés par une jurisprudence vieille déjà de plus de 70 ans, sont nets et précis, autant du moins que la matière le comporte ; beaucoup de lois étrangères plus récentes s'en sont inspirées. Il n'y a pas de raison pour les modifier, sauf peut-être sur le point suivant.

La possibilité de breveter les produits industriels nouveaux, indépendamment des procédés qui ont permis de les obtenir, est générale ; elle s'étend notamment aux produits de l'industrie chimique. Il s'ensuit que l'inventeur qui, par une méthode, peut-être lente, difficile et coûteuse, a obtenu un corps chimique nouveau qu'il fait breveter, conserve le monopole de ce produit quels que soient les procédés par lesquels, ultérieurement, ce corps peut être préparé ; qu'il est en droit, par conséquent, de s'opposer, tant que subsiste son monopole, à la production du même corps par un procédé qui permettrait de l'obtenir dans des conditions industrielles beaucoup plus favorables, et peut paralyser ainsi les efforts de ceux qui viennent après lui. Cette disposition est vivement critiquée.

Certaines personnes pensent que c'est là une des causes de la stagnation de l'industrie chimique en France, et se demandent si, en matière de produits chimiques tout au moins, il ne conviendrait pas, comme le décide la loi allemande, d'interdire la prise de brevets pour des corps chimiques, indépendamment des procédés de préparation, et de ne protéger le corps lui-même que comme conséquence du procédé, étant entendu que si le corps est fabriqué et vendu par d'autres que celui qui a, le premier, breveté le procédé pour l'obtenir, c'est à ceux-ci qu'il appartiendra, en cas de poursuites, de prouver, à l'encontre du premier breveté, que le corps est obtenu par un procédé différent. Cette réforme, dont il a été peu parlé en dehors des milieux qu'elle intéresse spécialement, malgré l'importance que présente la question, semblerait devoir être accueillie ; en tout cas, elle mérite un examen très sérieux.

Si tout le monde est d'accord pour exclure de la brevetabilité les plans et combinaisons de finances, dont la mention spéciale dans la loi s'explique par des raisons historiques, par contre, beaucoup s'élèvent, non sans raison, contre l'interdiction de breveter les compositions pharmaceutiques et les remèdes. Il faut reconnaître qne cette interdiction, qui ne peut se défendre que par des raisons de sentiment : la crainte, bien théorique, qu'un inventeur ne puisse, sous le couvert d'un brevet, accaparer un remède nécessaire à la santé publique et spéculer sur cette nécessité même, est peu justifiée. La disposition conduit à de graves difficultés, à des injustices, car selon que l'objet inventé ne peut servir que comme remède, ou bien est susceptible d'autres usages, le brevet est ou non refusé. Il conviendrait de faire disparaître de la loi cette exception, sauf à organiser, au besoin, pour rassurer les esprits, et parer à des cas exceptionnels, une procédure générale d'expropriation des brevets, pour cause d'utilité publique.

Il faudrait en profiter alors pour régler d'une façon permanente et définitive les droits de l'État vis-à-vis des inventions intéressant la Défense nationale. Un projet, longuement étudié, sommeille depuis déjà bien des années dans les cartons du ministère du Commerce : il serait facile de l'y retrouver.

La loi de 1844 impose aux brevetés une taxe annuelle de 100 francs et limite la durée du brevet à 15 années. On est aujourd'hui d'accord pour admettre que la taxe de 100 francs ne doit pas subsister ; trop forte au début, elle pourrait, sans inconvénient, être augmentée pour les dernières

années du brevet, au moment où l'invention, si elle a une valeur, procure de sérieux bénéfices au titulaire du brevet. La diminution des taxes du début s'impose.

Certains voudraient aller plus loin et demandent la suppression des taxes annuelles. Toutes les législations admettent cependant de telles taxes. Seule, la loi américaine n'impose à l'inventeur que le versement d'une taxe unique.

Indépendamment des conditions budgétaires qui permettent de traiter de chimérique le projet de suppression des taxes annuelles, il ne semble pas qu'il soit de l'intérêt bien entendu des inventeurs de poursuivre cette réforme. Avec la suppression des taxes annuelles disparaîtrait naturellement la déchéance pour non-paiement des taxes, ce qui constituerait évidemment un avantage pour les inventeurs peu fortunés ou négligents : mais aussi en même temps le moyen offert à tout intéressé de savoir, par la seule inspection de l'état de paiement des annuités, si l'inventeur entend ou non maintenir son brevet. L'inconvénient compense et au delà l'avantage. Il est, en réalité, légitime d'exiger de l'inventeur que par le paiement d'une taxe annuelle, aussi modérée que possible, il manifeste sa volonté de conserver son monopole ; le public y trouve d'autre part grand profit.

L'adoption d'une taxe de dépôt de 25 francs, croissant chaque année de 25 francs, serait très désirable. Elle offrirait le double avantage d'être très modérée au début, et, en raison de la progression des annuités, de procurer cependant au Trésor des ressources supérieures à celles que procure la taxe actuelle. Le ministère des Finances, qui s'est montré longtemps hostile à la réforme, en raison du déficit qui en résulterait pendant les premières années qui suivront son adoption, accepterait aujourd'hui cette solution. Il faut souhaiter que le Parlement en soit saisi et trouve le temps de la voter.

La réforme serait heureusement complétée par une légère augmentation de la durée des brevets, qui pourrait être portée de 15 à 20 ans ; la période troublée que nous traversons, les entraves que la guerre, non seulement dans les provinces envahies, mais encore, en raison de la mobilisation, dans le pays tout entier, a apportées à l'exercice des droits des brevetés, justifieraient cette prolongation, qu'il conviendrait de réaliser d'une façon définitive, et non temporairement, par neutralisation du temps de guerre, comme certains le proposent.

Bien que la plupart des lois limitent à 15 années la durée des brevets (quelques-unes comme la loi belge, la loi espagnole accordent 20 ans, d'autres comme la loi des Etats-Unis 17 ans *à dater de la délivrance du brevet*), l'augmentation de la durée des brevets à 20 ans paraît désirable ; il est permis de penser d'ailleurs que l'exemple de la France serait suivi par d'autres nations.

Certains réformateurs, établissant un parallèle entre la longue protection accordée aux œuvres littéraires et artistiques, aux créations de la forme, et la protection parcimonieusement accordée aux inventions, s'en indignent, et réclament pour les inventeurs une protection sinon perpétuelle, du moins de longue durée, 50 ans au moins.

Quelques-uns, sentant mieux ce qu'a d'irréalisable et de chimérique, surtout adoptée par un seul pays, une semblable prolongation du monopole des inventeurs, prétendent en tempérer les effets par l'établissement, après un certain temps de monopole absolu, d'une période de domaine public payant, c'est-à-dire pendant laquelle tout intéressé serait libre de faire usage du brevet à charge de payer à l'inventeur une redevance librement débattue ou fixée par les Tribunaux. Même avec cette atténuation, une telle augmentation de durée des brevets ne saurait être accueillie. Elle est incompatible avec les besoins de l'industrie, dont elle paralyserait l'évolution incessante. D'autre part, l'application de la licence obligatoire ainsi proposée ferait naître de multiples difficultés. Il n'y a aucune comparaison à établir entre le dessin ou le modèle, qui peut recevoir une longue protection parce qu'il ne répond jamais à un besoin, n'augmente pas l'utilité de l'objet auquel il s'applique, et peut, sans gêner personne, rester presque indéfiniment dans le patrimoine de son créateur, destiné qu'il est, par les évolutions et les caprices du goût, à être supplanté par un autre, et l'invention qui est, en général, la solution parfois unique d'un problème industriel d'actualité, répondant à une utilité, souvent à une nécessité et comme telle ne peut rester trop longtemps monopolisée, sans nuire à la société, et arrêter l'essor de l'industrie.

Actuellement, les brevets sont délivrés sans garantie du Gouvernement, et sans aucun examen préalable. C'est le breveté qui fait sa loi, et il appartient aux seuls Tribunaux, en cas de contestation, de dire si le brevet a été ou non valablement pris. Nulle part, dans aucun pays d'ailleurs, les Gouvernements ne garantissent la valeur des brevets qu'ils délivrent, mais certains pays comme l'Allemagne, les Etats-Unis, etc..., soumettent les brevets, avant leur délivrance, à un examen préalable plus ou moins rigoureux

qui, si des antériorités sont découvertes par les examinateurs, aboutit à la transformation, à la limitation ou même au refus du brevet. En Allemagne, les brevets ainsi délivrés peuvent néanmoins encore être attaqués en nullité devant l'administration (Patentamt) pendant 5 ans, et à toute époque, restent, en cas de poursuites en contrefaçon, soumis à l'appréciation des Tribunaux. La procédure devant le Patentamt est lente, coûteuse, tracassière, et les examinateurs, malgré une science et des efforts réels, sont loin d'être infaillibles; certains les prétendent, en outre, enclins à favoriser leurs compatriotes au détriment des inventeurs étrangers.

Si l'on consulte les annales judiciaires des deux pays, on constate, ce qui est fait quelque peu pour surprendre, que le nombre des brevets déclarés sans valeur par les Tribunaux est comparable, en Allemagne, pays d'examen, à ce qu'il est en France, pays de non-examen, et aussi que le nombre des brevets allemands maintenus jusqu'à l'expiration de leur durée légale est proportionnellement le même en Allemagne et en France (5 % environ). Cependant les brevets allemands, passés au crible de l'examen préalable, devraient tous se rapporter à des inventions réellement intéressantes et profitables, et par suite être tous maintenus jusqu'à leur expiration légale avec un soin jaloux par leurs heureux possesseurs.

A la réflexion, cependant, on conçoit qu'il doive en être ainsi. Etant donné le grand nombre de brevets à examiner, la documentation technique et le travail de recherches qu'exigerait un tel examen pour être réellement efficace, on ne peut espérer de l'Administration, dans ce procès fictif et sans contradicteur qu'est l'examen, un effort comparable à celui du contrefacteur qui, poursuivi dans un procès véritable, cherche, par la découverte d'antériorités, à faire tomber le brevet qui lui est opposé. En réalité, l'examen préalable allemand ne vaut guère mieux qu'une recherche d'antériorités ordinaire faite avec quelque soin. Il élimine les inventions fantaisistes qui, en France, meurent naturellement par non-paiement de la seconde annuité, en laisse passer d'autres qui ne valent quelquefois guère mieux, mais, par contre, en arrête certaines qui présentent un réel intérêt; c'est un peu une question de chance. Malgré ces imperfections d'ailleurs inévitables, grâce à une propagande habilement conduite, dans laquelle les Allemands ont apporté leurs qualités de race, et à laquelle nos industriels se sont inconsciemment laissés prendre, le système allemand jouit en France d'une réelle faveur. Il est courant d'entendre dire, sans tenir compte d'ailleurs des différences profondes qui séparent les lois des deux pays, notamment au point de vue des caractères de brevetabilité, que les brevets français sont sans portée, et qu'une invention qui n'est pas sanctionnée par le brevet allemand est sans valeur; aussi, certains milieux industriels demandent-ils l'établissement du régime de l'examen préalable allemand en France. D'autres, plus sages, souhaiteraient l'institution d'un examen se bornant à indiquer aux inventeurs s'il existe des antériorités à leur demande de brevet. Dans ce système, l'inventeur resterait libre de passer outre à l'avis qui lui serait donné, et de persister à réclamer la délivrance de son brevet. On peut penser que, le plus souvent, il ne manquera pas d'user de cette faculté.

Le danger du système est qu'il est à craindre que les examinateurs, si leur avis doit être sans sanction, ne se lassent bien vite d'un effort qu'ils sauront sans effet pratique.

Il faudrait au moins, pour que le système fût viable, que l'examinateur eût le droit d'imposer la mention des antériorités qui lui paraissent opposables sur la description imprimée du brevet. La délivrance des brevets en Angleterre (loi de 1907) comporte cet avis préalable. Le Patent Office borne d'ailleurs sa recherche aux seuls brevets anglais pris dans une période antérieure de 50 ans, mais l'examinateur a le droit non seulement d'exiger la mention des antériorités sur la description imprimée, mais encore d'écarter la demande si elle lui apparaît incontestablement semblable à un brevet préexistant datant de moins de cinquante ans.

Le système de l'examen préalable entraîne nécessairement avec lui une atténuation de la rigueur des conditions de nouveauté exigées pour la brevetabilité. Quelles que soient les recherches effectuées, on ne peut prétendre affirmer qu'une invention est absolument nouvelle; sous peine de se heurter à des difficultés insurmontables, il faut limiter le champ des recherches. C'est ainsi que la loi allemande limite la recherche d'antériorités du Patentamt aux documents imprimés ayant pénétré en Allemagne depuis moins de cent ans, et aux procédés notoirement pratiqués dans les milieux industriels allemands.

Malgré cela, pour éviter que le Patentamt ne succombe devant sa tâche, l'Allemagne (loi du 1er juin 1891) a dû instituer, à côté du brevet soumis à l'examen, le modèle d'utilité qui n'est autre qu'un brevet délivré sans examen, non

publié, et assurant, pour une dépense moindre, une protection de courte durée.

Certaines personnes, dans un désir, peut-être inopportun dans le temps que nous traversons, de modeler la législation française sur la législation allemande, à laquelle elles se plaisent à attribuer l'essor industriel de l'Allemagne, proposent l'adoption du système de l'examen préalable, et corrélativement la création du petit brevet de trois ans, renouvelable pour trois ans.

L'idée de créer une protection courte et à bon marché pour les petites inventions, séduisante dans son principe, se heurte inévitablement, dans la pratique, à la difficulté de différencier ce qu'est une petite invention par rapport à une grande invention. On sait rarement, au moment de la prise de la protection, si l'invention sera grande ou petite. Avec l'institution du petit brevet, l'inventeur peu fortuné demandera toujours le petit brevet, et si son invention rencontre le succès, il se réservera pour l'avenir un gros mécompte.

Le résultat visé par les partisans de cette création serait tout naturellement atteint par la réduction des taxes pendant les premières années. L'adoption de la taxe initiale de 25 francs donnerait, à ce point de vue, entière satisfaction et rendrait absolument inutile l'institution d'une protection spéciale de durée restreinte pour les petites inventions.

On ne peut songer à organiser en France l'examen préalable intégral, qui entraînerait l'examen de toutes les antériorités quelles qu'elles soient.

L'examen suivant le système allemand, bien qu'il ait de chauds partisans, surtout parmi ceux qui le connaissent mal, serait d'une organisation difficile, et exigerait une dépense hors de proportion avec les résultats qu'il fournirait.

Il conviendrait mal d'ailleurs au tempérament français. Le public intéressé éprouverait, il faut bien le reconnaître, quelque défiance à se voir jugé par des fonctionnaires de l'Administration, quelque zélés et dévoués qu'ils puissent être.

A la vérité, l'examen préalable ne serait réellement utile et désirable que s'il était international et conduisait à la délivrance d'un brevet unique également international. Sans se dissimuler les difficultés d'une telle organisation, on peut cependant la concevoir et la souhaiter pour les inventeurs, qui y trouveraient des avantages manifestes.

En attendant la réalisation possible de ce desideratum, le mieux serait peut-être de ne pas toucher au système actuel, qui a pour lui la logique et la clarté, et qu'il faudrait défendre contre les attaques souvent intéressées qu'il a eu, dans ces derniers temps, à subir. Si l'on croyait cependant indispensable de procéder, dès maintenant, à une réforme, on pourrait peut-être introduire dans la loi le droit d'opposition à la délivrance des brevets, pendant un certain délai, après publicité par son titre du brevet demandé, en confiant à une autorité judiciaire la mission d'examiner les mérites de l'opposition et d'en prononcer la mainlevée, ou encore, suivant l'exemple de l'Angleterre, organiser « l'avis préalable », en limitant les recherches de l'Office de la propriété industrielle aux brevets français pris pendant une certaine période avant la demande du brevet. Si l'on voulait entrer dans cette voie avec quelque chance de succès, il faudrait que le système ne fût pas appliqué, dès le dépôt, à tous les brevets, dont 50 % disparaissent par non-paiement de la taxe au bout de la première année, sans avoir gêné personne, mais que la recherche des antériorités fût effectuée sur demande spéciale du déposant, au cours de la première année du brevet, et avant le paiement de la 2e annuité, ce moyennant une taxe supplémentaire relativement considérable ; et enfin que l'on donnât aux examinateurs des pouvoirs au moins égaux à ceux donnés par la loi anglaise au contrôleur, c'est-à-dire tout au moins le droit d'exiger la mention, en tête du brevet imprimé, des antériorités découvertes, et peut-être même celui de refuser la délivrance, si le brevet était reconnu trop semblable à un brevet préexistant. Le travail d'examen serait ainsi considérablement réduit, il ne porterait que sur un nombre de brevets restreint et pourrait, par suite, être plus approfondi. Il donnerait, à coup sûr, une certaine valeur aux brevets qui sortiraient victorieux de cette épreuve[1].

Si l'on voulait faire une étude complète des améliorations qu'il serait désirable d'apporter à la loi de 1844, beaucoup d'autres points seraient à examiner.

Il y aurait lieu de s'occuper notamment des déchéances pour non-exploitation ou pour introduction des conditions de transmission des brevets, de l'organisation de la mise en gage et de la saisie des brevets, de la réglementation des expertises, etc...

Nous nous bornerons, pour terminer ce qui a trait aux brevets, à indiquer brièvement les controverses soulevées par la grave question de la déchéance pour défaut d'exploitation.

1. Une disposition analogue figure dans le nouveau projet de réforme de la loi des brevets qui vient d'être déposé à la Chambre des députés par le ministre du Commerce.

L'obligation d'exploiter l'invention, qui a pour sanction actuelle la déchéance du brevet, est en général combattue par les inventeurs et les Associations s'occupant de questions de propriété industrielle. Les Congrès internationaux ont, depuis 1897, surtout sous l'inspiration du groupe allemand, émis des vœux tendant à la suppression de la déchéance pour non-exploitation. Actuellement, à part aux Etats-Unis, l'obligation d'exploiter est inscrite dans la plupart des législations, avec, pour sanction, la déchéance ou au moins l'obligation pour le breveté de concéder, en cas de non-exploitation, une licence aux industriels la demandant. En Angleterre, alors que la loi de 1883 ne prévoyait, en cas de non-exploitation, que la sanction de la licence obligatoire, la loi du 28 août 1907 a renforcé cette sanction, en accordant à tout intéressé le droit, après 3 ans, de demander soit une licence, soit la déchéance du brevet, s'il n'est pas satisfait, au point de vue de l'exploitation, aux exigences raisonnables du public, et ceux qui suivent les questions industrielles peuvent se rappeler les discussions passionnées auxquelles a donné lieu cette nouvelle disposition.

Les inventeurs soutiennent que l'obligation d'exploiter constitue une restriction anormale et abusive de leur droit, que chacun doit rester libre d'user ou de ne pas user de sa propriété.

On conçoit fort bien qu'il soit, au moins en théorie, préférable d'organiser l'exploitation de l'invention par fabrication dans un seul pays, celui qui, par les ressources qu'il possède, s'y prête le mieux. On peut se demander toutefois si, au moins dans certains cas, l'obligation d'exploiter ne répond pas à une nécessité économique, celle d'éviter à certains pays d'être à la merci de pays à industrie plus florissante et plus puissante. Dans certains petits pays comme la Belgique, l'obligation d'exploiter est considérée comme la sauvegarde indispensable de l'industrie nationale.

Il est impossible de présenter ici, même en raccourci, les arguments que s'opposent les partisans et les adversaires de l'obligation d'exploiter. Ce qu'il faut constater, c'est que, dans ces dernières années, il s'est établi une sorte d'accord tacite entre les partisans des deux opinions extrêmes pour accepter comme pis aller le système de la licence obligatoire, comme sanction de la non-exploitation. Les partisans de l'obligation la préfèrent à la suppression de toute obligation d'exploiter, qu'ils redoutent, non peut-être sans raison, si l'on considère les efforts faits par l'Allemagne pour obtenir cette suppression dans les relations internationales; les partisans de l'abrogation acceptent de leur côté la licence obligatoire, qui leur paraît une sanction plus douce et un progrès sur l'état de choses actuel. Il semble qu'il serait économiquement dangereux de modifier, par une simple réforme de la loi interne, les dispositions de notre loi, et que le problème de la substitution de la licence obligatoire à l'obligation d'exploiter ne puisse être utilement envisagé que le jour où les divers Etats se seront mis d'accord pour supprimer internationalement l'obligation d'exploiter.

Quelles que soient les opinions que l'on ait sur les diverses questions que nous venons de passer rapidement en revue, il conviendrait de ne pas oublier que, si l'on veut arriver à améliorer la loi actuelle, il serait sage de procéder par étapes, et de réaliser d'abord les réformes, modestes peut-être mais fort utiles néanmoins, sur lesquelles l'entente peut s'établir dans les milieux intéressés.

§ 2. — Secrets de fabrique

Les secrets de fabrique peuvent comprendre de véritables inventions, que leur auteur n'a pas cru devoir révéler au public par la prise d'un brevet, et aussi des recettes spéciales, des tours de main que celui qui les emploie s'efforce de cacher aux concurrents.

L'article 418 du C. P. punit sévèrement la divulgation « par tout directeur, commis ou ouvrier de fabrique, des secrets de la fabrique où il est employé ». Celui qui profite sciemment de la révélation est puni comme complice.

L'article 418 ne reçoit application que si la révélation a lieu, ou au moins est préparée pendant que l'ouvrier est attaché à la fabrique. On ne peut tenter d'atteindre pénalement les divulgations postérieures au départ de l'ouvrier, sous peine d'exposer les patrons qui emploieraient des ouvriers sortis libres de tout engagement de la maison d'un concurrent, à des poursuites de la part de ce concurrent pour prétendue complicité de violation de secrets de fabrique, et de risquer, par crainte de ces mêmes poursuites, d'empêcher les ouvriers quittant leur patron de trouver un nouvel emploi.

L'article 418 ne semble pas susceptible de modifications. Il n'en est pas proposé.

§ 3. — Protection des créations de la forme

Lois du 25 Juillet 1793 et du 14 Juillet 1909. — Ces lois, qui intéressent l'industrie, en tant qu'elles protègent les créations de la forme, les dessins et les modèles, ne sont pas actuellement l'objet de critiques. La première, malgré son âge

vénérable, grâce à une jurisprudence très souple, assure une protection très efficace aux artistes industriels; l'autre, de date récente, complète, dans certains cas, fort utilement la loi de 1793. Elles paraissent toutes deux, et avec raison, être restées en dehors des préoccupations des réformateurs.

§ 4. — Dépôt des plis cachetés

La mise en application des dispositions de l'article 4 de la loi du 14 juillet 1909, qui prévoit la possibilité, pour les auteurs de dessins ou modèles, de faire constater, autrement que par le dépôt prescrit par la loi, la priorité d'emploi de leurs dessins ou modèles, a permis à l'Association française pour la protection de la propriété industrielle de demander et d'obtenir l'organisation à l'Office national de la Propriété industrielle (Conservatoire des Arts et Métiers) d'un service de dépôt et de garde de plis cachetés (arrêté ministériel du 13 mars 1914), qui permet à tous les créateurs de la pensée, quels qu'ils soient, de s'assurer une preuve facile et peu coûteuse de la date de leurs créations. Le document (dessin, description, etc...) est envoyé à l'Office en double expédition, dans des enveloppes spéciales jumellées; ces enveloppes sont perforées à la date d'arrivée, et séparées; l'une est renvoyée à l'expéditeur, l'autre, après inscription aux registres, gardée dans les archives. Un arrêté du 7 mai 1915 autorise, sous certaines conditions, l'envoyeur à demander que la conservation de l'exemplaire qui ne lui est pas retourné soit confiée au Bureau international de la propriété industrielle à Berne.

La durée de garde est de 5 ans, et peut être prolongée de 5 ans; après ce délai, les plis sont renvoyés au déposant sur sa demande ou détruits.

Cette organisation des plis cachetés est encore presque ignorée du public, en raison des événements de la guerre qui n'ont pas permis de donner à cette création toute la publicité nécessaire; aussi avons-nous cru utile, bien qu'aucune réforme ne soit pour l'instant envisagée, de la signaler en passant.

II. — Lois destinées a maintenir la loyauté du commerce

§ 1. — Nom commercial

La plus ancienne des lois de ce groupe est la loi du 28 juillet 1824, sur le nom commercial, qui punit le fait de faire apparaître sur des produits fabriqués ou leurs emballages, par addition, retranchement ou altération quelconque, le nom d'un fabricant autre que celui qui en est l'auteur, ou la raison commerciale d'une fabrique autre que celle où les objets ont été fabriqués, ou enfin le nom d'un lieu autre que celui de la fabrication.

Cette loi, qui est une loi pénale, et par suite ne peut être interprétée d'une façon extensive, ne vise que les produits manufacturés et les fabricants; elle laisse de côté les produits naturels et les commerçants; elle ne réprime que l'apposition de fausses indications sur les produits et ne peut atteindre les usurpations de nom sous une forme autre que l'apposition, non plus que les indications qui, sans consister dans une apposition de nom, sont cependant de nature à tromper l'acheteur sur l'origine du produit.

La loi de 1824 a vieilli; elle ne répond plus aux besoins actuels, tels que les révèlent, d'une part, l'extension des transactions commerciales sur les produits de toutes natures, et d'autre part la fraude sans cesse grandissante en raison de l'âpreté de la concurrence. Des projets d'extension de la loi de 1824 ont été étudiés dans ces dernières années.

A la suite des graves difficultés administratives et politiques soulevées par le problème des délimitations administratives des régions de production de certains produits, le Gouvernement songea même à fonder sur la loi de 1824, convenablement modifiée et étendue par une série d'articles spéciaux aux vins, une protection légale des appellations de provenance. Un projet fut déposé dans ce sens le 30 juin 1911. Voté par la Chambre, il a été l'objet de vives critiques et n'est jamais venu à l'ordre du jour du Sénat.

Il serait préférable, ce semble, de laisser à la loi de 1824 son caractère de loi protectrice de l'industrie en général, en en comblant les lacunes dans l'ordre d'idées signalé plus haut; et de faire, au besoin, une loi spéciale pour la protection des appellations d'origine des produits vinicoles.

§ 2. — Perpétuité des Firmes

Nous voudrions, à l'occasion de la loi de 1824, signaler l'utilité qu'il y aurait pour le commerce français en général, et surtout pour le commerce d'exportation, à assurer en France la perpétuité des firmes ou raisons sociales de maisons de commerce, par la création d'un registre du commerce sur lequel serait faite l'inscription de ces raisons sociales.

Actuellement, par application des règles du Code de commerce, les mutations dans le personnel dirigeant d'une maison de commerce doivent se traduire par une transformation de la

raison sociale. Cette transformation est une cause de trouble et d'erreur pour la clientèle. Aussi a-t-on proposé, à l'exemple de ce qui existe, avec certaines modalités spéciales, notamment en Allemagne, d'instituer en France la perpétuité des firmes en établissant des mesures corrélatives de publicité permettant aux tiers intéressés de connaître à tout instant le véritable propriétaire de la firme. Un projet de loi a été élaboré par l'Association française pour la protection de la propriété industrielle; ce projet a été soumis à la Commission technique de l'Office national de la Propriété industrielle, qui l'a accepté. Mais le ministère du Commerce n'en a pas encore saisi le Parlement. Le vote d'un pareil projet serait particulièrement utile au moment où, après la guerre, le commerce français peut avoir l'ambition légitime de reprendre sa place sur les marchés lointains, sur lesquels il s'est, dans ces dernières années, laissé supplanter par l'Allemagne.

§ 3. — Loi sur les fraudes du 1er août 1905

De la loi sur les fraudes, nous n'avons que peu de choses à dire. Son but est de protéger le public contre la fraude, tandis qu'au contraire la loi de 1824 et celle de 1857 sur les marques, que nous allons examiner, sont principalement faites pour permettre aux industriels de défendre leurs noms et leurs marques contre les entreprises illicites de leurs concurrents.

La loi de 1905 réprime toute tromperie ou tentative de tromperie sur l'origine de toutes marchandises, quel que soit le mode employé; elle est en cela plus large que la loi de 1824, mais elle exige, pour que le contractant puisse se prévaloir de ses dispositions, que la désignation de l'espèce ou de l'origine de la marchandise soit la cause principale de la vente, ce qui, dans beaucoup de cas, est impossible à établir.

On peut se demander si cette restriction ne devrait pas disparaître, ou s'il ne conviendrait pas alors de faire une loi spéciale prohibant toute indication de nature à tromper sur l'origine des marchandises, quelle que soit cette origine.

§ 4. — Marques de Fabrique

La loi du 23 juin 1857, relative à la protection des Marques de fabrique, a été l'objet, il y a quelques années surtout, de vives critiques. A la suite des vœux émis dans divers Congrès de propriété industrielle, et après une enquête auprès des Chambres de commerce, le Gouvernement a déposé, en 1907, un projet d'ensemble modifiant la loi de 1857. Ce projet n'est pas venu en discussion devant le Parlement; il vient d'être déposé à nouveau avec quelques modifications.

On sait qu'actuellement, en France, le dépôt des marques est purement déclaratif, et que la propriété de la marque s'acquiert par l'usage. La marque non déposée est protégée contre l'usurpation des tiers par l'action en concurrence déloyale (art. 1382 du Code civ.). Le dépôt permet au déposant d'invoquer la loi spéciale sur les marques qui lui assure une protection plus efficace. Dans d'autres pays, comme l'Allemagne, le dépôt est attributif de propriété, et la marque est soumise, lors du dépôt, à un examen préalable qui, si la marque n'est pas nouvelle ou ne répond pas aux conditions imposées par la loi, aboutit au refus d'enregistrement. Dans d'autres législations, le dépôt, d'abord déclaratif, se consolide au bout d'un certain temps, lorsqu'il n'est pas critiqué par les concurrents, et devient alors attributif de propriété. Des droits plus ou moins étendus sont néanmoins conservés à ceux qui, faisant usage de la même marque depuis une époque antérieure à celle de l'appropriation par le déposant, ont négligé d'effectuer le dépôt ou n'ont pas contesté en temps utile le dépôt de leur concurrent.

Le système du dépôt attributif fait du droit à la marque le prix de la course : le droit est accordé au premier déposant, et l'usager de la marque qui n'a pu déposer, soit parce que la marque est née, comme cela arrive assez souvent, spontanément et en quelque sorte à son insu, soit parce qu'il est étranger et habite au loin, ou encore par négligence, est exposé à se voir tout d'un coup dépouillé de ses droits par un tiers qui dépose la marque et en devient, dans le pays, seul propriétaire. L'examen préalable, conséquence du caractère attributif du dépôt, est une cause de trouble et de lenteur; il arme les fonctionnaires examinateurs d'un droit de juridiction qui, logiquement, en vertu de la séparation des pouvoirs, ne doit appartenir qu'aux Tribunaux.

Les inconvénients signalés à propos de l'examen préalable des brevets se retrouvent en grande partie dans l'examen préalable des marques. Le système français du non-examen, en fondant uniquement le droit à la marque sur l'usage, laisse, par contre, planer une grande incertitude sur la propriété des marques. Le déposant d'une marque n'est jamais sûr, même quand aucun dépôt de la même marque n'a été antérieurement effectué, qu'il ne se heurtera pas tôt ou tard aux revendications d'un tiers qui justifiera faire usage de la même marque depuis plus longtemps que

lui. Le système mixte du dépôt, d'abord déclaratif, puis devenant attributif après une certaine période, 3 ans par exemple, si pendant cet intervalle il n'est pas contesté, paraît préférable, à la condition toutefois que l'on exige que le dépôt soit corrélatif d'un usage effectif de la marque.

Il se heurte toutefois à une difficulté grave : celle de définir les droits des usagers antérieurs qui n'ont pas déposé et n'ont pas contesté le dépôt en temps utile. Sacrifier leur droit est une solution rigoureuse, car ils peuvent n'avoir pas eu connaissance du dépôt, qui à pu passer inaperçu, même s'il est accompagné d'un usage commercial de la marque ; leur accorder une possession personnelle, c'est leur permettre de profiter indûment de l'effort commercial fait par le déposant pour assurer le succès de sa marque. Il semble qu'il conviendrait de leur accorder une possession personnelle, limitée dans le temps à 5 ans par exemple, à partir du moment où le déposant, titulaire définitif de la marque par un dépôt consolidé, les aura découverts et mis en demeure de cesser l'exploitation de cette marque. Avec ces précautions, la réforme paraîtrait désirable.

En laissant de côté toutes les modifications de détail dont la pratique cependant a démontré la nécessité, comme l'institution d'une taxe de dépôt modérée variant avec le nombre des classes dans lesquelles la protection est demandée, qui aurait pour effet de réduire quelque peu le nombre abusif des marques, et de faire disparaître les dépôts « d'obstruction » ; la modification du nombre des exemplaires à déposer, de façon à permettre l'insertion dans les registres d'un exemplaire de la marque dans chaque classe où la protection est réclamée, ce qui faciliterait singulièrement les recherches ; les mesures à prendre pour régulariser la transmission des marques ou du droit d'usage sur les marques, nous n'avons plus à signaler, à propos de la loi sur les marques, qu'une question, il est vrai d'une importance capitale : c'est la nécessité de régler la protection des marques de collectivités.

Par la ratification de l'article 7 *bis* de la Convention d'Union de 1883, revisée à Washington en 1911, la France a pris l'engagement « d'admettre au dépôt et de protéger les marques appartenant à des collectivités dont l'existence n'est pas contraire à la loi du pays d'origine, même si les collectivités ne possèdent pas un établissement industriel ou commercial »... Il s'agit d'accorder aux personnes morales, aux Associations, aux Syndicats, le droit de posséder une marque dont ils puissent concéder l'usage à leurs membres, sous des conditions déterminées et sous leur surveillance directe, et d'en assurer la défense devant les Tribunaux. On conçoit, au point de vue des garanties de qualité et surtout d'origine des marchandises, quelle peut être, après la guerre, l'importance de semblables marques.

L'Allemagne, dès 1913, en exécution de l'art. 7 *bis* de la Convention, a organisé chez elle la protection des marques collectives. En France, cette organisation a été complètement étudiée par l'Association française pour la protection de la propriété industrielle, et la Commission technique de l'Office national de la propriété industrielle. La réforme figurait dans le projet déposé par le Gouvernement; une proposition de loi sur la protection des marques collectives a été en outre déposée à la Chambre des députés. Il serait extrêmement désirable que, d'une façon quelconque, la réglementation des marques collectives soit votée et prenne place dans nos lois.

Le besoin de cette organisation est si manifeste que, devançant le vote de la loi, un important groupement s'est formé dans ces derniers mois, sous le titre d'*Union nationale inter-syndicale des marques collectives*, dans le but de créer et de défendre une marque destinée à authentiquer les produits de l'Industrie française. La marque choisie U. N. I. S.-France, apposée sous le contrôle vigilant de l'Union et conformément aux règlements édictés par elle, constituera pour le public la preuve que le produit qui le porte est un produit véritablement français.

Il est peu de questions aussi importantes dans leurs conséquences et aussi urgentes à solutionner que celle des marques collectives.

§ 5. — Article 15 du Tarif des Douanes de 1892

Parmi les fraudes contre lesquelles doit lutter, sur notre sol même, l'industrie française, une des plus fréquentes consiste à donner à des produits fabriqués à l'étranger l'aspect de produits français et à les vendre comme tels ; ce « maquillage » s'est exercé sur une vaste échelle, dans ces dernières années, au profit des produits allemands. A propos de la loi de 1824 sur le nom commercial, nous avons signalé la nécessité de renforcer notre législation, de manière à atteindre la fraude consistant à introduire de l'étranger des marchandises sans marque, ce qui est licite, puis à les revêtir après coup en France d'indications et d'habillages de nature à faire croire à une origine française ou tout au moins à une origine autre que la véritable.

Lorsque le maquillage a lieu à l'étranger même,

l'art. 19 de la loi de 1857 et l'art. 15 du Tarif général des Douanes de 1892 permettent d'arrêter à la frontière ces marchandises suspectes. La première disposition « prohibe à l'entrée et exclut du transit et de l'entrepôt tous produits étrangers portant soit la marque, soit le nom d'un fabricant résidant en France, soit l'indication du nom ou du lieu d'une fabrique française » ; la seconde, plus générale, « prohibe tous produits étrangers naturels ou fabriqués portant, soit sur eux-mêmes, soit sur les emballages : caisses, ballots, enveloppes, bandes ou étiquettes, etc..., une marque de fabrique ou de commerce, un nom, un insigne ou une indication quelconque de nature à faire croire qu'ils ont été fabriqués en France ou qu'ils sont d'origine française ».

Il est peu de dispositions qui aient été l'objet d'aussi vives discussions; pour les uns, la protection qu'elle accorde aux producteurs français est insuffisante ; aux autres, aux étrangers notamment, elle apparaît comme attentatoire à la liberté commerciale ; dans ces dernières années, le ministère du Commerce a été assailli de réclamations de commerçants ou d'intermédiaires, en général d'origine allemande, qui se plaignaient d'une interprétation trop rigoureuse par la douane de l'art. 15. Quel que soit le point de vue auquel on se place, une disposition de cette nature entraîne l'appréciation, par les agents des Douanes, de questions souvent délicates, et doit nécessairement provoquer des récriminations.

Dans les circonstances actuelles, les dispositions de l'art. 15 sont-elles suffisantes ? Convient-il d'aller plus loin, et d'imposer l'apposition d'indications d'origine sur toutes les marchandises venant de l'étranger ?

De telles indications seraient assurément utiles aux producteurs français, mais elles nuiraient grandement aux simples commerçants et surtout aux exportateurs qui n'ont pas à révéler où ils prennent les marchandises qu'ils livrent à leur clientèle. Certains vont jusqu'à penser (et une proposition de loi a été déposée en ce sens) qu'il conviendrait d'exiger l'apposition sur les marchandises étrangères, quelles qu'elles soient, et sur leurs emballages, du nom et de l'adresse du producteur étranger. D'autres, plus sages, font ressortir les dangers d'une semblable précision, la publicité qui en résulterait au détriment de la France pour certaines industries étrangères, et voudraient limiter les indications au pays de fabrication. D'autres, enfin, restés malgré les événements pénétrés des principes du libre échange, estiment que, sauf à empêcher par des sanctions efficaces « le maquillage » à l'intérieur, les marchandises qui se présentent sans marques ou indications fallacieuses à la frontière doivent, en acquittant des droits de douane, pouvoir la franchir librement. Il y a là une question « d'opportunisme », dont la solution dépendra nécessairement de la façon dont se dérouleront les événements.

Il est vraisemblable, cependant, que la lutte actuelle laissera dans le public des traces assez vives et assez persistantes pour le détourner, au moins pendant longtemps, de l'acquisition de marchandises provenant des pays ennemis, sauf le cas d'absolue nécessité ; et que, dans ces conditions, il pourrait peut-être y avoir intérêt pour la France à exiger, sur les marchandises pénétrant de l'étranger sur son sol, des indications qui, en révélant le pays qui les a produites, seraient de nature à en détourner les acheteurs.

III. — Questions d'ordre international.

Après avoir passé en revue, aussi brièvement que possible, les diverses modifications qu'il pourrait être opportun d'apporter à nos lois intérieures, il nous reste à dire un mot des questions d'ordre international.

Nous nous bornerons, dans cet examen sommaire, aux points qui touchent directement au droit intellectuel ou à la propriété commerciale, en laissant complètement de côté ceux qui, comme la suppression ou le maintien, dans le Traité de Paix, de la clause de la nation la plus favorisée, inscrite dans le Traité de Francfort, peuvent avoir une répercussion sur les intérêts généraux économiques de notre pays.

En ce qui concerne les brevets, il serait désirable de poursuivre, au moins entre Alliés, l'organisation d'un examen préalable international, conduisant à la délivrance d'un titre également international. Il ne faut pas se dissimuler, toutefois, qu'en raison des divergences des lois nationales, divergences qu'il faudrait au préalable faire disparaître, ou au moins grandement atténuer, la tâche est difficile à mener à bien rapidement. Un progrès considérable serait déjà réalisé, si l'on organisait un système de dépôt international des brevets, analogue au dépôt international des marques, même limité comme ce dernier aux formalités de dépôt, et qui laisserait à chaque pays intéressé le soin de déterminer, par application de sa loi interne, la valeur du brevet ainsi déposé à titre international.

En ce qui concerne la propriété artistique et les dessins et modèles, l'organisation d'un dépôt

international apparaît comme plus facile. Il conviendrait, à cet effet, de reprendre, en la développant, la proposition de la délégation française à la Conférence de Washington en 1911. Il serait en tout cas nécessaire de faire disparaître, par convention internationale, le caractère attributif de propriété reconnu au dépôt par certaines lois étrangères; d'augmenter les délais de priorité relatifs aux dessins (art. 4 de la Convention de 1883) en les portant de 4 à 12 mois, comme pour les brevets, et de provoquer une entente pour supprimer l'obligation d'exploiter, que certaines lois persistent à maintenir. Cette obligation, en ce qui concerne les dessins et les modèles, qui ne répondent jamais à une nécessité ou même à une utilité sociale, n'est pas justifiée.

Au moment où la guerre a éclaté, l'Association française pour la Protection de la propriété industrielle se préoccupait de faire accepter par les pays étrangers, notamment par l'Allemagne, le dépôt des plis cachetés avec gardiennage par le Bureau de la Propriété intellectuelle à Berne, comme mode de preuve de création. Il serait extrêmement avantageux, pour nos producteurs, surtout si l'on obtenait la disparition complète du caractère attributif des dépôts des dessins et modèles, que ce système reçût une consécration internationale définitive. L'importance de la question pour tous les créateurs de la pensée n'a pas besoin d'être soulignée.

En ce qui concerne les marques, il serait désirable d'obtenir ou d'imposer de nouvelles adhésions à l'Arrangement de Madrid, relatif au dépôt international. L'Allemagne, notamment, a jusqu'ici mis comme condition à son adhésion à l'Arrangement la suppression des dispositions qui, dans l'Arrangement, subordonnent la protection de la marque en pays étranger à l'obligation du dépôt et de la protection au pays d'origine.

Il n'a pas paru possible de lui donner satisfaction sur ce point.

Faute de pouvoir faire disparaître, dans les législations étrangères, le caractère attributif attribué au dépôt des marques par certaines d'entre elles (notamment par la loi allemande), il serait du moins nécessaire d'en atténuer les effets désastreux dans les relations internationales par l'insertion, dans la Convention de 1883 revisée, ou dans le traité de paix, d'une disposition empruntée à l'art. 28 du Traité de Francfort, et excluant la possibilité de poursuite « en raison de l'emploi dans un pays des marques de fabrique d'un autre lorsque la création de la marque, dans le pays de provenance des produits, remontera à une époque antérieure à l'appropriation des marques par dépôt ou autrement dans le pays d'importation ».

L'Arrangement de Madrid de 1891 prescrit la saisie de tout produit portant une fausse indication de provenance, soit dans le pays où la fausse indication a été apposée, soit dans le pays d'importation. Dans l'art. IV de l'Arrangement, il est dit que « les Tribunaux de chaque pays auront à décider quelles sont les appellations qui, en raison de leur caractère générique, échappent aux dispositions du présent arrangement, les appellations régionales de provenance des produits vinicoles n'étant cependant pas comprises dans la réserve statuée par cet article ».

En vertu de ce texte, les appellations d'origine des produits vinicoles échappent à l'appréciation des Tribunaux et doivent être obligatoirement protégées. L'Allemagne a toujours refusé d'accéder à cet arrangement, en prétextant qu'il n'était intéressant que pour les pays viticoles, mais, en réalité, pour pouvoir continuer à considérer les appellations de Cognac et de Champagne comme génériques, et à répandre sur le marché des cognacs et des champagnes entièrement fabriqués au delà du Rhin. Il conviendrait, ce semble, d'étendre les dispositions de l'art. IV à tous les produits tirant du sol ou du climat leurs propriétés caractéristiques, et de demander à tous nos alliés d'imposer, dans le traité de paix, aux Allemands et aux Austro-Hongrois l'observation des règles écrites dans l'Arrangement de Madrid ainsi modifié.

La réalisation internationale des quelques réformes qui viennent d'être indiquées constituerait déjà de gros progrès. L'occasion semble favorable pour tenter de les obtenir.

André Taillefer,
Ancien élève de l'École polytechnique,
Avocat à la Cour de Paris,
Membre de la Commission technique
de l'Office national de la Propriété industrielle

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Fabry (E.), *Professeur à l'Université de Montpellier, Examinateur d'admission à l'Ecole polytechnique.* — **Problèmes de Mécanique rationnelle**, *à l'usage des candidats aux certificats de licence et à l'agrégation.* — *1 vol. in-8° de 427 pages avec 14 figures* [Prix : 12 fr.]. *Librairie scientifique A. Hermann, 6, rue de la Sorbonne, Paris*, 1915.

C'est un véritable signe des temps que le besoin de plus en plus impérieux d'élucider et d'éclaircir les théories générales par des applications extrêmement variées dans toutes les branches des Mathématiques. En Algèbre, Géométrie analytique, Mathématiques générales, Analyse, l'étudiant n'a guère aujourd'hui que l'embarras parmi les recueils si bien faits qui s'offrent à lui. La Mécanique, avec Jullien, Saint-Germain, Villié, etc., est également riche en exemples bien traités, mais il ne faut pas oublier que la Mécanique rationnelle est elle-même une application, délicate le plus souvent, de toutes les parties des Mathématiques énumérées ci-dessus. Sa compréhension parfaite exige un sens plus développé des réalités, puisque c'est d'elle que sortira l'expérience et la mise en œuvre féconde des théories d'abord purement abstraites. S'il est possible à un ouvrier de génie d'améliorer une machine par une disposition plus heureuse de ses divers organes, on ne voit guère de progrès véritables accomplis en marge de la Mécanique rationnelle bien comprise, bien assimilée à l'aide du temps et de la réflexion.

Mais maintenant le temps est cher, il faut l'économiser, il faut activer les études et hâter la maturité des étudiants. Ainsi s'expliquent ces Recueils de problèmes apportant une si vive lumière dans toutes les régions des Mathématiques et écrits par des hommes de haute science, comme l'éminent professeur de Montpellier, M. E. Fabry. Son ouvrage, divisé en 9 chapitres : Cinématique — Statique — Dynamique du point — Moments d'inertie — Mouvement d'un solide — Mouvement des systèmes — Mouvements relatifs — Percussion — Hydrostatique — Attraction, — comprend 123 sujets, dont 89 donnés aux examens des Facultés et 34 à titre d'éclaircissement de questions générales. On sait que le Certificat de Mécanique rationnelle comporte deux sujets : une application proprement dite du cours et une épreuve pratique, cette dernière considérée comme une amorce vers l'étude de la Mécanique appliquée. Le Recueil de M. Fabry nous renseigne ainsi sur les tendances particulières à chaque Université et l'orientation vers les besoins nouveaux; l'étudiant bien inspiré saura donc faire le meilleur choix parmi l'ensemble de tous les problèmes, exposés avec un soin dont il est superflu de détailler ici tous les mérites.

Aux questions de balistique, de mécanique des fluides qui vont désormais s'imposer, peut-être pourrait-on souhaiter également, dans la suite, l'addition d'une préface faisant ressortir plus particulièrement les méthodes nouvelles avec les exercices les plus suggestifs pour les mettre en relief. Reconnaissons toutefois que cette sollicitude envers les débutants a des limites, car si lumineuse que soit la route proposée par le professeur, rien ne dispense l'étudiant de l'effet personnel. Espérons que celui-ci sera toujours suffisant pour reconnaître, comme il convient, le dévouement des maîtres et l'initiative intelligente des éditeurs qui ne cherchent qu'à gâter leurs lecteurs !

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

2° Sciences physiques

Hibbard (H. D.). — Manufacture and uses of Alloy Steels. (Fabrication et emplois des alliages d'acier). — *1 broch. in-8° de 77 p. (Prix : 10 cents). Bulletin 100 du Bureau of Mines. Government Printing Office, Washington*, 1915.

Les alliages d'aciers ou « aciers spéciaux » ont révolutionné plusieurs branches de l'industrie où l'acier joue un rôle prépondérant. Le premier de ces composés qui ait été utilisé dans la pratique est sans doute l'acier à outil au tungstène auto-trempant, breveté par Mushet en 1868. Mais c'est de la découverte de l'acier au manganèse par Hadfield en 1882 que date la vogue de ces alliages, à laquelle la découverte des aciers au nickel est venue donner un nouvel élan.

M. Hibbard, dans sa brochure, a voulu présenter un rapide aperçu de la fabrication et de l'emploi des divers alliages d'acier commerciaux, qui sont : les aciers au tungstène, les aciers au chrome, l'acier au manganèse, les aciers au nickel, les aciers au nickel et au chrome, les aciers au silicium, les aciers à outils rapides et les aciers au chrome et au vanadium. Pour chacune de ces catégories, il indique en général les procédés de fabrication (y compris les traitements thermiques que doivent subir certains de ces alliages), leur composition, leur méthode de travail et leurs principales applications. Chaque chapitre est suivi d'une bibliographie détaillée du sujet, qui rendra service à ceux qui désireront de plus grands détails sur une catégorie donnée d'alliages. Ces chapitres spéciaux sont précédés d'une introduction générale sur les propriétés des alliages d'acier, suivie également d'un index bibliographique.

Cette publication, issue du Bureau des Mines des Etats-Unis, dans le but de stimuler dans ce pays l'emploi des aciers spéciaux, est susceptible d'intéresser aussi beaucoup nos industriels.

A. Genier.

3° Sciences naturelles

Guide to Technological Museum, Sydney (N. S. W.), Australia. *2e édition. — 1 broch. in-4° de 30 p. avec fig. et 12 pl. en couleurs. (Technical Education Series, n° 19).*

Baker (R. T.), *F. L. S.* — **Building and ornamental Stones of Australia.** — *1 vol. in-8° oblong de 169 p. avec fig. et 50 pl. en couleurs. (Technical Education Series, n° 20).*

Baker (R. T.), *F. L. S.* — **Cabinet Timbers of Australia.** — *1 vol. in-8° oblong de 186 p. avec fig. et 67 pl. en couleurs. (Technical Education Series, n° 18).*

Baker (R. T.), *F. L. S.* — **The Australian Flora in applied Art. I. The Waratah.** — *1 vol. gr. in-8° de 84 p. avec fig. et 27 pl. en couleurs. (Technical Education Series, n° 22).*
Technological Museum, Sydney (N. S. W.), 1913-1915.

Le Musée technologique de Sydney est une institution dont le but est d'aider au développement des ressources naturelles de la Nouvelle-Galles du Sud en particulier, et du Commonwealth australien en général, en rassemblant pour les comparer et les exposer des collections de produits naturels tels que laine, bois, minéraux, huiles essentielles, etc. Ces produits y sont étudiés scientifiquement, de façon à fixer les divers usages économiques auxquels ils sont le plus appropriés, et les résultats de ces études sont publiés. Le Musée fournit également à ses correspondants et à ses visiteurs toutes les informations possibles sur leurs propres échantillons et ceux de l'établissement.

Le Musée renferme aujourd'hui plus de 150.000 échantillons, répartis presque entièrement en trois grandes collections : géologique, botanique et zoologique, sur lesquelles le « Guide » du Musée donne un certain nombre de renseignements généraux.

Depuis l'origine, le personnel scientifique du Musée a publié non moins de 200 mémoires ou ouvrages sur les produits étudiés. Plusieurs ont acquis une réputation universelle, comme les « Recherches sur les Eucalyptus » (1902), au point de vue botanique et chimique, et les « Recherches sur les Pins d'Australie » (1910).

Parmi les derniers ouvrages publiés par le Musée, et qui sont dus à la plume de son distingué conservateur, M. R. T. Baker, nous signalerons spécialement les trois suivants :

1° Le livre sur « les pierres de construction et ornementales d'Australie » montre la grande richesse du pays en matériaux de ce genre. On y trouve des granits (roses, gris et verts), des gneiss, des trachytes, des porphyrites, des diorites, des basaltes, une grande variété de marbres (il est douteux, dit l'auteur, qu'aucune autre contrée du monde soit aussi riche en roches de cette nature), des ardoises, des serpentines, des quartzites et des grès. Les essais d'écrasement ont mis en évidence la remarquable résistance des marbres à la compression : ainsi un cube de 3 pouces de côté en marbre de Caleula a soutenu une pression de 84,96 tonnes avant l'écrasement, tandis qu'un granit de Barren Jack s'est brisé sous une pression de 68 tonnes. Toutes ces roches se prêtent aux constructions et aux motifs décoratifs les plus variés, comme le montrent de nombreuses photographies de monuments et de maisons, ainsi que les reproductions en couleurs de plaques taillées dans chacune d'elles. L'exploitation des carrières est encore peu avancée en Australie, où une grande quantité de matériaux de construction viennent toujours de l'étranger, mais elle est appelée à prendre peu à peu un grand essor.

2° L'ouvrage sur « les bois d'ébénisterie d'Australie » fait également ressortir combien ce continent est riche en matériaux de ce genre. Le Musée de Sydney n'a guère qu'un rival au monde, celui de Kew, au point de vue de l'importance de ses collections de bois. Parmi les arbres les plus employés à l'ameublement, il faut citer le cèdre rouge, diverses espèces d'Eucalyptus (karri, jarrah, etc.), l'érable, l'*Acacia melanoxylon*, l'*Orites excelsa*, le noyer, le *Dysoxylon Muelleri*, plusieurs Conifères, etc... 64 espèces sont décrites, avec leurs caractères botaniques et leur répartition géographique ; des planches en couleurs donnent l'aspect du bois une fois travaillé et de nombreuses figures représentent les meubles et objets manufacturés avec ces bois.

3° Enfin, dans le premier fascicule d'une série consacrée à « la Flore australienne dans l'Art appliqué », M. R. T. Baker montre le rôle prépondérant que joue comme motif décoratif la fleur caractéristique du pays, appelée par les indigènes *Waratah*, et dont le nom botanique est *Telopea* (on en distingue trois espèces : le *T. speciosissima*, répandu surtout dans la Nouvelle-Galles du Sud ; le *T. oreades*, dans le Victoria, et le *T. truncata* en Tasmanie). Cette plante constitue un buisson qui peut atteindre jusqu'à 3 m. 50 de hauteur ; l'inflorescence est composée d'un grand nombre de fleurs individuelles écarlates, entourées de larges bractées pointues, également de couleur écarlate. Cette plante remarquable, employée déjà par les indigènes comme thème dans leurs essais primitifs d'ornementation, a servi de motif décoratif en architecture, en reliure, en céramique, en faïencerie, en cristallerie, en ferronnerie d'art, en dentellerie, en orfèvrerie, dans la composition des papiers peints, etc... L'ouvrage donne des reproductions en couleurs merveilleuses d'un certain nombre de ces travaux dus à des artistes australiens. Il se termine par le récit des légendes australiennes qui se rapportent au waratah.

Ces quelques publications donnent une idée du zèle et du soin apportés par le personnel scientifique du Musée technologique de Sydney dans l'étude des richesses naturelles de l'Australie et de leurs applications industrielles et même artistiques.

Louis Brunet.

4° Sciences médicales

Bouquet (Henri), *Médecin-chef de l'hôpital auxiliaire 102.* — **La Thérapeutique médicale et chirurgicale de guerre en 1916.** — *Préface de M. le médecin-inspecteur Vincent.* — *1. vol in-18° de 244 p. avec fig.* (*Prix : 3 fr.*) *O. Doin et fils, éditeurs, Paris, 1916.*

La préface qu'a écrite M. le professeur Vincent, du Val-de-Grâce, définit de la façon la plus heureuse les qualités de l'ouvrage que vient de publier le distingué Secrétaire général de la Société de Thérapeutique. « M. le docteur Bouquet, conclut-il, a parsemé les divers chapitres de remarques et de suggestions judicieuses qui décèlent le médecin d'expérience qui a su voir et qui a médité. »

Après avoir souscrit à la formule quand on a terminé le volume, il est difficile également de ne pas rendre justice à la facilité avec laquelle s'en est opérée la lecture.

M. le docteur Bouquet a su des plus heureusement sélectionner dans l'abondante littérature éclose de la guerre ce qu'il importait de retenir : il a analysé les documents et en a fait une lumineuse synthèse.

Des 16 chapitres, 10 sont consacrés à la chirurgie, 5 à la Médecine ; le dernier a trait, et ce n'est pas le moins intéressant, aux maladies simulées.

Nous ne saurions analyser comme il convient ces différents chapitres : certains sont cependant empreints d'une plus grande originalité, de par leur sujet.

C'est ainsi que l'auteur du volume insiste, à propos du traitement des blessures en général, sur la nécessité de leur désinfection rigoureuse : le liquide de Dakin (à base d'hypochlorite de chaux) semble l'antiseptique de choix.

Parmi les grandes infections, à retenir le tétanos, avec ses éclosions tardives, localisées, frustes, et la gangrène gazeuse, contre laquelle on lutte avec efficacité à l'aide de l'air chaud ou de l'arsénobenzol.

Nombreux sont les appareils imaginés pour l'immobilisation des fractures : les plus ingénieux sont décrits.

Contrairement à l'opinion préconçue, l'extraction des projectiles intra-pulmonaires est chose aisée. Dans les plaies du crâne, il y a lieu de se méfier des fractures de la table interne, souvent insoupçonnées et causant des accidents tardifs.

La prophylaxie de la typhoïde et des paratyphoïdes s'obtient à l'aide des injections *consciencieusement* faites, préventivement, de leurs vaccins spécifiques ; les traitements sont différents : dans la typhoïde, les bains, les lavements goutte à goutte, l'auto-hémothérapie, rendent de grands services ; dans les paratyphoïdes, l'hydrothérapie, les laxatifs, les antithermiques seront adaptés à la symptomatologie.

Dans la scarlatine, enfin, le traitement de Milne donne les meilleurs résultats : pas d'isolement, mais badigeonnage de la gorge, onctions cutanées à l'eucalyptus, et protection de l'entourage par de simples cerceaux de gaze au-dessus de la tête du malade.

Mais n'insistons pas plus longtemps : chacun doit posséder, pour le plus grand bien des blessés et malades, l'ouvrage du docteur H. Bouquet, qui trouvera sa place dans la cantine à côté du Réglement du Service de Santé en campagne.

J. Gautrelet.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 3 Juillet 1916

M. **G.-A. Boulanger** est élu Correspondant pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

1° Sciences physiques. — M. **J. Bergonié** : *Electro-vibreurs puissants marchant sur courant faible, continu ou alternatif. Electro-vibreur à résonance.* Dans les électro-vibreurs puissants, les seuls utilisables pour déceler ou extraire les projectiles profonds, à cause de l'énorme self de ces appareils et du décalage entre l'intensité et la f. é. m., l'intensité du courant doit être assez élevée, au minimum 60 ampères pour 200 à 220 volts aux bornes, ce qui est souvent gênant. L'auteur montre qu'en utilisant un électro-vibreur de résonance dans lequel une capacité et la self de l'électro-vibreur se compensent et suppriment le décalage, on peut diminuer considérablement l'intensité pour une même puissance. On peut alors augmenter le nombre des spires et, par conséquent, les ampères-tours, et avoir, avec des intensités peu élevées, des effets magnétiques extrêmement intenses. On peut enfin remplacer la commutatrice par un simple interrupteur à mercure. — MM. **Ch. Dhéré** et **G. Vegezzi** : *Sur l'hémochromogène acide.* Par réduction, au moyen d'hydrosulfite de sodium pulvérisé et en tube scellé, d'une solution très légèrement acide d'hématine pure dissoute dans l'alcool faible, on obtient de l'hémochromogène acide présentant, comme l'hémochromogène alcalin ordinaire, un spectre d'absorption à trois bandes ressemblant tout à fait par leur netteté, leur intensité, leur largeur, à celles de l'hémochromogène alcalin et n'en différant que par leur position : les bandes α et β sont décalées vers le rouge, tandis que la bande γ est décalée vers l'ultra-violet.

2° Sciences naturelles. — M. **Em. Gadeceau** : *Les forêts submergées de Belle-Ile-en-Mer.* L'auteur a examiné les graines et les débris végétaux trouvés dans le banc de tourbe à l'extrémité nord-ouest de Belle-Ile-en-Mer, au lieu dit Port du Vieux-Chateau, et qui paraît provenir d'une forêt submergée. Cette forêt se trouve aujourd'hui dans une région où les arbres ne peuvent subsister que grâce à des abris habilement ménagés, et le changement survenu dans les conditions climatiques est rendu indubitable par la prédominance, dans les restes végétaux trouvés, des Hygrophiles coïncidant avec l'absence totale de l'élément méridional et même occidental. Ces forêts devaient être marécageuses et assez distantes de la mer pour que l'influence saline ne s'y fît pas sentir. L'existence de forêts analogues a déjà été signalée sur le littoral de la Manche et de l'Océan, en France et en Angleterre ; elles paraissent remonter au Paléolithique. — M. **Aug. Lameere** : *Une phase nouvelle des Dyciémides.* L'auteur a découvert, à la fois chez un Dicyémide proprement dit et chez un Hétérocyémide, une phase nouvelle qui précède dans le cycle évolutif le nématogène primaire. C'est une larve qui pénètre dans le sac urinaire des Seiches et qui, en se fixant à l'épithélium rénal, se transforme en un individu que l'auteur appelle *nématogène fondateur* ; celui-ci n'offre qu'une seule génération et il donne naissance à des nématogènes primaires par un processus identique à celui qui préside à la multiplication des individus vermiformes. La larve qui est le point de départ de cette observation est évidemment l'agent de transmission du parasite, mais on ignore d'où elle vient : sans doute, d'un hôte différent.

Séance du 10 Juillet 1916

MM. **F. Gonnessiat**, **P. Walden**, **E. Bataillon** et **Depage** sont élus Correspondants pour les sections d'Astronomie, de Chimie, d'Anatomie et Zoologie et de Médecine et Chirurgie.

1° Sciences mathématiques. — M. **F. Arago** : *Contribution à l'étude expérimentale de la houle.* Ayant soumis à une analyse serrée un nombre important de mesures complètes de houles, effectuées par des bâtiments divers, l'auteur a été conduit aux conclusions suivantes : les observations pour lesquelles la direction de la houle ne s'écarte pas de plus de 45° de l'arrière du navire fournissent, pour la longueur, la période et la célérité, des valeurs numériques qui satisfont convenablement, en moyenne, aux relations théoriques qui lient ces valeurs. Au contraire, cet accord n'existe presque jamais lorsque le cap du navire est voisin de la direction de la houle venant de l'avant ; dans ce cas, la célérité mesurée est toujours inférieure à celle qui correspondait, théoriquement, à la longueur mesurée. Il faut donc n'effectuer les mesures en question qu'en se plaçant, par rapport à la houle, dans la première situation.

2° Sciences physiques. — MM. **G. K. Burgess** et **H. Scott** : *Mesure thermo-électrique des points critiques du fer.* Les auteurs ont cherché à mettre en évidence les points critiques du fer par une méthode thermo-électrique qui constitue une modification de celle qu'ont employée MM. Boudouard et Le Chatelier pour certains aciers. Sur les courbes, la transformation A_3 est nettement accusée par une discontinuité, déjà notée par M. Benedicks ; A_2 n'est pas moins bien accusé par une inflexion à 768°. Pour le fer pur, le phénomène thermo-électrique met donc en évidence les deux points critiques A_2 et A_3. Les régions α, β et γ du fer pur sont donc délimitées par des discontinuités dans les propriétés thermo-électriques.

3° Sciences naturelles. — M. **J. M. Lahy** : *Sur la psycho-physiologie du soldat mitrailleur.* Il existe un ensemble de signes qui affirment chez un homme une aptitude générale à une fonction donnée. Pour les mitrailleurs, chargeurs ou tireurs, la plus grande rapidité des temps de réaction, le plus faible écart moyen, un faible indice de fatigabilité et l'absence de suggestibilité révèlent des aptitudes certaines, encore accrues lorsque la rapidité motrice s'ajoute aux signes précédents. La plasticité fonctionnelle est un indice de sang-froid. — M. **L. Roule** : *Sur la migration et la pêche du thon* (Orcynus thynuus) *sur nos côtes méditerranéennes.* L'auteur a recherché les causes de l'amoindrissement numérique des captures de thons, au début de la belle saison, dans le golfe du Lion, et même de leur absence fréquente depuis le milieu de mai jusqu'au milieu de juillet. Ces disparitions, suivie de réapparitions, représentent les divers aspects d'un seul et même phénomène migrateur, alternatif et régulier, qui fait se rassembler chaque année, au début de la belle saison, dans une aire déterminée de ponte, les individus propres à la reproduction, pour les laisser se disperser ensuite et revenir à leur habitat ordinaire ; les thons qui se font prendre au printemps par les madragues italiennes et tunisiennes ont en grand nombre vécu auparavant dans les eaux françaises ou à leur proximité, et réciproquement les thons qui peuplent ces dernières eaux sont nés entre les îles italiennes et la Tunisie. La disparition ou la diminution momentanées du thon sur nos côtes ne sont donc point accidentelles ; c'est un fait normal, dont la pêche doit escompter le retour habituel. — M. **Ch. Nicolle** : *Essai de vaccination préventive dans le typhus exanthématique.* L'auteur a tenté sur 38 personnes, sans accident, l'immunisation préventive contre le typhus exanthématique par inoculations répétées de sérum pris sur l'homme ou l'animal infectés et à coup sûr, mais insuffisamment

virulent. Aucun des vaccinés n'a pris l'infection dans un milieu où une vingtaine de cas se sont déclarés sur des non vaccinés. Cette tentative, sans être absolument concluante, devrait être renouvelée sur une plus vaste échelle.

Séance du 17 Juillet 1916

M. le Président annonce le décès de M. **E. Metchnikoff**, Associé étranger, et retrace sa vie et ses œuvres.

1° Sciences physiques. — M. **A. Colson** : *Démonstration du caractère rationnel des nouvelles formules de solubilité.* L'auteur se propose de démontrer que les principes de la Thermodynamique, exclusivement appliqués jusqu'ici aux systèmes monovariants, s'étendent aux dissolutions qui sont des systèmes bivariants. Il établit d'abord que le rendement d'une machine actionnée par la pression osmotique est celui d'une machine de Carnot. Il retrouve ainsi une formule indiquée dans une note antérieure, précisant les analogies qui existent entre les dissolutions saturées et la fusion et relie ces deux genres de phénomènes. — MM. **Em. Bourquelot** et **A. Aubry** : *Synthèse biochimique d'un galactobiose.* Les auteurs, en faisant réagir l'émulsine sur une solution aqueuse saturée de galactose *d*, en présence d'un peu de toluène, ont réalisé la synthèse d'un galactobiose, dont l'osazone fond à 126°,7 ; $[\alpha]_D = +54°,1$ dans l'eau. Il est hydrolysé en galactose soit par les acides étendus, soit par l'émulsine elle-même ; l'action de cette dernière est donc réversible. — M. **E. Teodoresco** : *Sur la présence d'une phycoérythrine dans le* Nostoc commune. L'auteur a obtenu par macération dans l'eau chloroformée de *Nostoc commune* ayant poussé au Jardin botanique de Bucarest, une belle solution rouge qui, soumise à l'examen spectroscopique, présente trois bandes d'absorption sensiblement identiques à celles de la phycoérythrine.

2° Sciences naturelles. — M. **J. Pavillard** : *Flagellés nouveaux, épiphytes des Diatomées pélagiques.* L'auteur a observé sur des *Dactyliosolen* des agglomérations d'organismes juxtaposés, à noyaux et vacuoles volumineux, caractérisés par un long flagelle, implanté vers le milieu de la masse protoplasmique, dans le voisinage des vacuoles digestives et sans relations apparentes avec le noyau. La position systématique de ces Flagellés, que l'auteur nomme *Solenicola*, est encore obscure, mais les affinités les plus vraisemblables paraissent être du côté des Zooflagellés inférieurs, non loin des *Oikomonas*. — M. **J. Delphy** : *Scoliose abdominale chez le* Mugil auratus *Risso et présence d'une myxosporidie parasite de ce poisson.* L'auteur a observé chez un *Mugil auratus* pêché le 2 avril 1916 près de Saint-Vast-la-Hougue une déformation assez considérable de sa région abdomino-caudale ; c'est un cas de scoliose typique. L'examen du tissu musculaire de la région y a décelé la présence d'une myxosporidie parasite, pour laquelle l'auteur propose le nom de *Pleistophora destruens*. Toutefois, il est impossible d'affirmer que ce parasite soit la cause de la scoliose.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 4 Juillet 1916

M. **E. Kirmisson** : *Métastases rapides, à la suite de la disparition de tumeurs malignes traitées par le radium ou la radiothérapie.* L'auteur signale deux observations de tumeurs malignes : tumeur ganglionnaire du cou et tumeur de la clavicule droite, qui, traitées par le radium dans un cas, par la radiothérapie dans l'autre, ont disparu assez rapidement, mais en donnant lieu à des métastases pour ainsi dire foudroyantes, l'une dans la fosse iliaque gauche, l'autre dans le rachis. L'auteur ne méconnaît pas les résultats heureux fournis par le radium et la radiothérapie, mais apporte simplement des faits qui pourront servir à établir les indications et les contre-indications de la méthode. — M. **G. Etienne** : *Similitude d'évolution de la fièvre typhoïde sous l'action de la sérothérapie et de la vaccination.* L'auteur a constaté que la sérothérapie et la vaccination paraissent imprimer souvent à l'infection éberthienne une évolution abortive ou une évolution rémittente continue. En s'en tenant au type abortif, la proportion des cas chez les malades traités par le sérum et chez les vaccinés est très comparable et comprise entre un 1/3 et 1/2. Ce rapprochement dans la proportion des cas, joint à la similitude des évolutions déterminées, constitue une preuve de l'action spécifique analogue des deux processus.

Séance du 11 Juillet 1916

M. **P. Duret** : *Traitement des plaies de guerre par un liquide à action en même temps germicide et cytophylactique.* L'auteur préconise le liquide suivant, à base d'hypochlorite de magnésie : chlorure de chaux, 28 gr. ; sulfate de magnésie, 18 gr. 20 ; eau ordinaire, 1000 gr. Ce liquide, au contact des plaies, met peu à peu en liberté son chlore, et maintient longtemps intact son pouvoir antiseptique. Par sa réaction alcaline et son isotonicité avec le sérum sanguin, il constitue un milieu favorable pour les éléments figurés de l'organisme, et il ne sera pas nocif pour les cellules, car il est exempt de substances nuisibles telles qu'acide borique ou borates.

Séance du 18 Juillet 1916

M. le Président annonce le décès de M. **E. Metchnikoff**, Associé étranger.

M. **R. Wurtz** : *Sur quelques lacunes des règlements d'hygiène à Paris.* L'auteur signale le fait qu'il est impossible, pour l'isoler à l'hôpital, de faire sortir un tuberculeux d'une maison où il constitue une source d'infection. Il demande à l'Académie de réclamer l'inscription de la tuberculose sur la liste des maladies dangereuses, c'est-à-dire à déclaration obligatoire. D'autre part, il demande le droit, pour l'autorité sanitaire, à Paris, d'entrer dans les maisons pour rechercher et détruire les gîtes de moustiques, qui rendent souvent les logements voisins parfaitement inhabitables. — M. **M. Boigey** : *Note sur la marche des maladies contagieuses dans un corps d'armée sur le front en 1915.* Pendant le cours de l'année 1915, en dépit des fatigues, de l'agglomération considérable des troupes et des conditions météorologiques médiocres (froid, pluie, brouillards), le nombre des maladies contagieuses fut, dans le corps d'armée considéré, presque trois fois moins élevé qu'en temps de paix. On n'a pas vu d'hommes d'une constitution robuste atteints par les germes des maladies contagieuses, et on a constaté une remarquable immunité à l'égard des maladies éruptives, due sans doute à la vie en plein air et à la suroxygénation.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 1er Juillet 1916

M. **A. Distaso** : *Sur des milieux de culture liquides et solides préparés avec le sérum digéré et dilué.* Le sérum qui contient les éléments nécessaires à la vie des êtres supérieurs est pourtant un mauvais milieu pour un grand nombre de microbes. Si la cause en est due à la grandeur de la molécule d'albumine, on doit obtenir un bon milieu de culture, pour la plupart des microbes, en fragmentant cette molécule. C'est ce que l'auteur montre en décrivant plusieurs milieux préparés selon ce principe et ayant donné d'abondantes cultures de divers microbes. — MM. **J. Beauverie** et **A. Ch. Hollande** : *Corpuscules métachromatiques des champignons des teignes ; nouvelle technique de différenciation de ces parasites.* Les auteurs indiquent une méthode permettant de mettre en évidence les champignons parasites des teignes d'une façon particulièrement nette et sans altération. Pour cela, ils utilisent la propriété que possèdent les corpuscules métachromatiques, abondants dans le parasite (mycélium et spores), de se colorer en rouge (métachromasie) par les couleurs basiques d'aniline allant du bleu au violet et notamment le bleu Unna, avec régression à l'éther glycérique. Ces « grains rouges »

permettent de reconnaître et de suivre le parasite là où il pourrait rester indécelable par d'autres méthodes. — MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *De la rate des Insectivores.* La rate des Insectivores se distingue par son grand développement et sa forme, qui n'est pas sans rappeler, même assez étroitement, celle des Carnivores. Ce fait prouve une fois de plus que le régime, en déterminant la forme de l'estomac, laquelle paraît influencer, dans bien des cas au moins, celle de la rate, joue peut-être un rôle capital dans la morphologie de ce dernier viscère. La forme en hache qu'on observe si fréquemment chez les Carnivores se retrouve chez les Insectivores. — M. **A. Policard** : *Les cellules plasmatiques dans les processus de réparation des plaies.* Il semble qu'on doive établir un rapport entre la présence des cellules plasmatiques et les produits de la protéolyse du tissu conjonctif dans les plaies. Leur présence semble indispensable pour provoquer l'évolution du lymphocyte en cellule plasmatique. Il semble également que la mise en train de cette évolution nécessite un contact assez prolongé avec les produits en question; quand ceux-ci sont éliminés facilement, quand il n'y a pas stagnation, cette évolution ne se produit pas. Ceci explique également le caractère local de l'accumulation des cellules plasmatiques. — M. **L. Roule** : *Observations anatomiques et biologiques sur quelques Poissons des très grandes profondeurs marines.* L'auteur a étudié trois poissons provenant de profondeurs supérieures à 5.000 m., et appartenant aux familles des Macruridés et des Brotulidés. Par rapport aux autres espèces de ces familles, ils présentent : de la dépigmentation tégumentaire associée à de la transparence, de l'amoindrissement des écailles, enfin de la diminution de la taille en ce qui concerne les yeux. Or ces traits sont précisément ceux qui caractérisent les espèces cavernicoles. Il y aurait donc une identité réelle entre les deux milieux obscurs de la nature : les cavernes et les grandes profondeurs marines. La majeure partie des régions abyssales, par contre, ne doivent pas être considérées comme complètement obscures, car elles sont encore traversées par des radiations violettes et ultra-violettes qui exercent leur influence sur les animaux qui y vivent. — M. **G. Bourguignon** : *Détermination de la chronaxie chez l'homme à l'aide des décharges de condensateurs. Chronaxie normale des nerfs et muscles du membre supérieur de l'homme.* La détermination de la chronaxie avec les condensateurs chez l'homme est possible en employant le montage en dérivation et en utilisant la décharge de condensateurs pour mesurer et corriger la résistance. La chronaxie normale est la même, pour un muscle donné, au point moteur, par le nerf et par excitation longitudinale. La chronaxie classe les muscles des membres supérieurs suivant les origines radiculaires de leurs nerfs. Les chronaxies les plus petites appartiennent aux racines C-V et C-VI (0,0001 à 0,0002 s.), les moyennes à C-VIII et D-I (0,0002 à 0,0004 s.) et les plus grandes à C-VII (0,0004 à 0,0008 s.). La chronaxie varie considérablement dans les états pathologiques et permet d'en suivre l'évolution.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 16 Juin 1916

M. **C. Chéneveau** : *Balance pour la détermination rapide des densités de corps liquides et solides.* Cette balance, qui a été imaginée dans un but essentiellement pratique, permet d'obtenir instantanément, par une simple lecture, qu'il s'agisse d'une opération industrielle ou d'un essai de laboratoire, la densité d'un liquide quelconque comprise entre 0 et 2,5 avec une précision de ± 1 unité du troisième chiffre décimal. Elle consiste, en principe, en un fléau coudé, où l'action d'un poids équilibreur contre-balance les effets combinés du poids d'un flotteur en verre, de 10 cm³, plongeant dans le liquide dont on veut déterminer la densité, et de la poussée que subit le flotteur de la part du liquide. L'une des extrémités du fléau porte un plateau, l'autre extrémité une aiguille qui se déplace sur un cadran, divisé en 100 parties égales, dont les limites correspondent à la position d'équilibre dans l'air (0) ou dans l'eau à 15° (1). La théorie de la balance montre que, lorsque le flotteur plonge dans un liquide de densité D, l'inclinaison a du fléau est telle que

$$(1) \qquad D = \frac{A}{\frac{B}{\tan a} + C}.$$

Si l'on considère le rapport de la densité D à l'arc Ra qui en donnera la mesure (R, longueur du bras du fléau portant l'aiguille), on a

$$\frac{D}{Ra} = \frac{1}{R} \times \frac{D}{\tan a} \times \frac{\tan a}{a}.$$

Or, d'après la formule (1), le rapport $\frac{D}{\tan a}$ décroît quand a augmente, et l'on sait, au contraire, que le rapport $\frac{\tan a}{a}$ diminue. Pour un déplacement angulaire total convenable, les indications de l'appareil seront donc proportionnelles aux densités si l'on ne désire pas une précision plus grande que 0,01 ou 0,005. Le cadran divisé qui permet de déterminer les densités de 0 à 1 sert alors aussi à obtenir les densités de 1 à 2 et de 2 à 2,5, en ajoutant pour chaque nouvelle partie de l'échelle un poids de 10 grammes du côté du flotteur. Si l'on veut la précision du millième, dont la lecture se fera par estimation, la théorie et l'expérience indiquent que, en considérant toutes les erreurs possibles, l'échelle est toujours exacte dans ses parties extrêmes; on peut facilement la rendre rigoureuse dans la région moyenne, en remplaçant l'un des poids de 10 grammes par une masse légèrement différente afin d'établir la compensation. L'emploi de l'appareil est donc simple, puisqu'en principe, ayant placé sur le plateau un poids qui donnera le chiffre des unités de la densité, la position de l'aiguille sur le cadran indiquera de suite la partie décimale. L'influence des phénomènes capillaires au contact du fil est inférieure à la limite de précision indiquée. Etant donnée son échelle étendue, la balance densimétrique, qui ne demande qu'un volume minimum de 25cm³ du liquide dont on veut déterminer la densité, se prête ainsi à toutes les mesures courantes de densités de liquides très variés. Avec des dispositifs convenables, on pourra mesurer la densité de gaz liquéfiés, de liquides émettant des vapeurs, de liquides très visqueux comme les glycérines, les huiles, etc. Enfin, l'appareil se prêtera également à la mesure de la densité d'un corps solide; cette détermination se fera par deux opérations successives, en plaçant le corps dans le plateau, et en le suspendant par un crin dans l'eau à côté du flotteur. Pour un minéral de densité 3, on peut compter sur une précision de ± 1 unité du deuxième chiffre décimal.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 23 Juin 1916

M. **E. Nœlting** : *Sur les matières colorantes dérivées de l'acide aminophénylarsinique.* L'auteur a étudié les colorants azoïques obtenus en diazotant l'acide aminophénylarsinique (atoxyle) $C^6H^4 < \begin{matrix} NH^2 \\ AsO(OH)^2 \end{matrix}$ et copulant avec le β-naphtol et ses acides sulfoniques. Ces colorants teignent non seulement la laine et la soie, ce que l'on savait déjà, mais ils ont aussi une affinité très prononcée pour le coton mordancé aux sels métalliques. Les nuances varient de l'orange au brun orangé. Les mordants qui les fixent le mieux sont Cr, Al, Fe, Ti, Zr, Th, Y, Gl, Sn et Bi et jusqu'à un certain point Ce. Par contre, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Mn, Pb et Sb ne les attirent pour ainsi dire pas. Les colorants analogues dérivés de l'acide

sulfonique $C^6H^4<^{NH^2}_{SO^2OH}$ n'ont aucune affinité pour les mordants et ceux dérivés de l'acide aminobenzoïque y sont fixés moins bien. — MM. **E. Nœlting** et **A. Kregczy** : *Sur la nitration de la diéthylbenzylamine.* Les auteurs, en nitrant la diéthylbenzylamine $C^6H^5CH^2N(C^2H^5)^2$ en solution dans dix parties d'acide sulfurique par une molécule d'acide nitrique, ont obtenu les trois dérivés nitrés isomères, ortho, méta et para, dans les proportions d'environ 15 à 20, 35 à 40 et 40 à 45 %. Le groupe $N(C^2H^5)^2H^2SO^4$ oriente donc le groupe nitro dans une forte proportion vers la position méta, quoiqu'il ne soit pas directement uni au noyau benzénique, mais relié à celui-ci par l'intermédiaire du groupe CH^2. — MM. **E. Nœlting** et **A. Kregczy** : *Sur quelques matières colorantes dérivées des aminodiéthylbenzylamines.* Les auteurs ont étudié, au point de vue de leur transformation en matières colorantes, les aminodiéthylbenzylamines $C^6H^4<^{CH^2N(C^2H^5)^2}_{NH^2}$. Ces bases se comportent comme des toluidines contenant en plus un groupe basique, et tous les colorants dérivés montrent des propriétés basiques beaucoup plus accentuées. Ainsi les picrylaminodiéthylbenzylamines $H.N<^{C^6H^2(NO^2)^3}_{C^6H^4CH^2N(C^2H^5)^2}$ possèdent comme les picryltoluidines $H.N<^{C^6H^2(NO^2)^3}_{C^6H^4CH^3}$ des propriétés acides, mais en outre aussi des propriétés basiques et elles sont de bons colorants pour laine, soie et coton mordancé au tannin, tandis que les picryltoluidines ne possèdent que des propriétés tinctoriales peu prononcées. Les rhodamines dérivées des aminodiéthylbenzylamines sont basiques, solubles dans l'eau et directement employables en teinture, tandis que les dérivés correspondants des toluidines sont des colorants à l'alcool, inapplicables directement et ne devenant solubles et aptes à la teinture que par sulfonation.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 30 Mars 1916

Sciences naturelles. — M. **W. J. Sollas** : *Le crâne de l'Ichthyosaure, étudié en coupes sériées.* L'auteur décrit d'abord l'anatomie du palais, y compris la forme et la disposition du vomer ; il n'y a pas d'os transversal. Le pariétal est divisé en deux ailes : une interne, qui contribue au plafond de la cavité cranienne, et une externe, qui unit le post-frontal au préfrontal pour former une partie de l'arcade orbitaire. Ce caractère et l'opisthotique séparé rappellent les Chéloniens. La columelle cranienne est un os important qui part de la surface du ptérygoïde pour rencontrer la branche descendante du pariétal. Un os pré-articulaire ou gonial plutôt gros est présent dans la mâchoire inférieure. L'appareil hyobranchial est plus compliqué qu'on ne l'avait supposé et présente plus d'affinités avec les Amphibiens qu'avec les Reptiles. Les relations des os en général sont aussi plus complexes. Les sutures squameuses dominantes sont remarquables par leur recouvrement excessif, caractère adaptatif, qu'on rencontre aussi chez les Cétacés. L'Ichthyosaure, quoique étant un Reptile vrai, possède plusieurs caractères communs avec les Amphibiens stégocéphales, de sorte qu'on peut comparer étroitement la voûte cranienne et le palais avec ceux du *Loxomma*, si bien décrits par Watson. Mais il partage également ces caractères avec les Reptiles cotylosaures, et c'est probablement de ce groupe qu'il descend. Les matériaux qui entrent dans la composition des os noirs ou brun foncé d'Ichthyosaure consistent principalement en charbon, comme c'est le cas chez les *Coccosteus*. De même que les os des *Coccosteus* paléozoïques ont été convertis en « houille dure » de même nature que celle fournie par les plantes paléozoïques, les os des Ichthyosaures mésozoïques ont été transformés en « houille brune » semblable à celle formée par les plantes mésozoïques. — Mlle **D. J. Lloyd** : *La relation des muscles coupés avec les acides, sels et bases.* 1° Les acides et les alcalis causent tous deux le gonflement du muscle coupé. Le degré de gonflement n'est pas directement proportionnel à la concentration de l'acide ou de l'alcali dans le liquide environnant, mais est maximum pour HCl et NaOH 0,005 N. Les alcalis coagulent d'abord, puis redissolvent la substance musculaire. 2° Les chlorures des métaux alcalins et alcalino-terreux coagulent tous, finalement, le protoplasma d'un muscle coupé en solution isotonique. Les cations bivalents produisent cet effet beaucoup plus rapidement que les cations monovalents. 3° Le point isoélectrique pour le muscle est situé entre $P_H = 5$ et 7. 4° L'auteur suppose que le gonflement et le resserrement des muscles, à la fois dans le corps et à l'extérieur, est un phénomène osmotique, et que l'état d'agrégation des colloïdes de la substance musculaire est le principal facteur déterminant le degré de gonflement. Le fait, démontré par Lillie, que les acides et les alcalis élèvent la pression osmotique de la gélatine, tandis que les sels neutres l'abaissent, est en harmonie avec cette hypothèse. 5° Les phénomènes osmotiques du muscle peuvent s'expliquer complètement sans admettre la présence d'une membrane semi-perméable autour des fibres musculaires.

Séance du 6 Avril 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **J. H. Jeans** : *L'instabilité de la figure d'équilibre en forme de poire d'une masse fluide en rotation.* La forme de la figure d'équilibre pyriforme a été calculée jusqu'au second ordre des petites quantités par sir G. H. Darwin, qui crut avoir montré qu'elle était stable. Depuis lors, l'auteur a montré que la stabilité ne peut être complètement élucidée que si l'on calcule la figure jusqu'aux termes de troisième ordre. C'est à ce calcul que l'auteur vient de se livrer, et il montre définitivement que la figure pyriforme est instable.

2° Sciences physiques. — Sir **W. Ramsay** : *Une hypothèse de configuration moléculaire dans les trois dimensions de l'espace.* L'auteur part de ce point de vue que la valence d'un élément est due à l'association de l'atome avec un ou plusieurs électrons. Il ne s'agit point ici des électrons qui prennent part à la constitution interne de l'atome, mais d'électrons plus lâches qui peuvent être enlevés sans troubler les groupements qui déterminent la structure essentielle de l'atome. L'atome est représenté par une sphère (sans faire d'hypothèse sur sa constitution interne) et l'électron de valence tourne autour de cette sphère, non pas suivant un grand cercle, mais suivant un cercle plus petit, parallèle à un plan équatorial de l'atome. Les orbites circulaires des différents électrons de valence n'ont pas nécessairement toutes le même diamètre. Les électrons les parcourent soit dans le sens des aiguilles d'une montre, et l'élément est alors électro-négatif, soit dans le sens contraire, et l'élément est électro-positif. En partant de ces hypothèses et de lois d'action mutuelle des courants (la trajectoire parcourue par un électron étant assimilée à un fil parcouru par un courant), l'auteur recherche comment peuvent s'assembler les atomes dans les molécules d'un certain nombre d'éléments : H^2, O^2, O^3, et de composés simples : HCl, H^2O, HClO, NH^3. — M. **S. J. Lewis** : *Le spectre d'absorption ultra-violet du sérum sanguin.* L'auteur a déterminé, au moyen de spectrophotomètres modernes, les valeurs de l'absorption au passage de la lumière ultra-violette au travers d'une couche déterminée de solution de sérum sanguin. Avec ces valeurs comme ordonnées et les longueurs d'onde comme abscisses, il a tracé une courbe d'absorption. Avec le sérum normal, les caractères généraux de la courbe sont constants et il y a peu de variations de détail. Avec certains sérums pathologiques, les courbes présentent de plus grandes modifications ; quelques-unes sont bien définies et paraissent particulières à des maladies données. La majeure partie de l'absorption est due aux protéines.

3° Sciences naturelles. — MM. **G. W. Paget** et **R. E. Savage** : *Les anneaux de croissance des écailles de harengs.* On sait que les écailles de certains Poissons Téléostéens présentent des striations concentriques qui sont en relation avec le retour périodique des saisons et permettent de déterminer avec une assez grande certitude l'âge du poisson. Le fait a été bien démontré pour le saumon ; il était moins évident pour le hareng. Les écailles de celui-ci présentent, en effet, surtout des stries excentriques, allant en ligne presque droite d'un bord à l'autre de la moitié antérieure de l'écaille ; ce n'est qu'à certains endroits de l'écaille qu'on rencontre brusquement des anneaux concentriques transparents, sans relation avec les stries excentriques, et auxquels on attribuait cependant la valeur de marques de croissance minimum correspondant à la saison hivernale de chaque année. Les auteurs, ayant repris l'étude de la question, ont reconnu qu'il existe, sur le dos du hareng, entre la nageoire dorsale et la racine de la queue, des écailles à stries concentriques très analogues à celles du saumon, indiquant des périodes de croissance retardée qui coïncident avec celles des anneaux transparents des écailles latérales du poisson. Celles-ci ont donc bien une valeur pour la détermination de l'âge du poisson. Les auteurs ont fait également d'intéressantes observations sur la structure des écailles de harengs et les figures qu'elles donnent en lumière polarisée.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 26 *Mai* 1916

M. E. Hatschek : *La viscosité des solutions colloïdales.* L'auteur, en réponse à quelques remarques de M. Hardy, montre que : 1° aucune formule de viscosité ne peut couvrir le stade de la formation d'un gel, car la transformation d'un liquide avec de petites anomalies seulement en un système possédant plusieurs propriétés des solides élastiques y est opposée; 2° la formule donnée par Einstein, et indépendamment par lui-même, pour la viscosité d'une suspension de particules sphériques rigides ne s'applique pas aux systèmes étudiés par M. Hardy, qui appartiennent à la classe des émulsoïdes. Dans ceux-ci, on considère généralement les deux phases comme liquides, et l'auteur a déduit en 1911 une expression pour la viscosité de tels systèmes en tenant compte de la déformation qu'une structure polyédrale homogène subit par cisaillement. L'expression contient seulement la viscosité du système et le rapport des phases, mais non la tension interfaciale des phases ni la viscosité de la phase dispersée. Elle peut être vérifiée directement pour les émulsions de deux liquides non miscibles; dans le cas des émulsoïdes, où l'on connaît seulement le poids de la substance dispersée, il faut faire une hypothèse sur le rapport entre le volume de la phase disperse formée (degré d'hydratation ou de solvation) et le poids dissous. L'hypothèse la plus simple : constance de ce rapport, a été essayée par l'auteur et par Mlle Chick pour un certain nombre de sols; elle se vérifie sur un intervalle très étendu.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 3 *Avril* 1916

M. G. S. Whitby : *Comparaison des méthodes brésilienne et de plantation pour préparer le caoutchouc de Para.* Les résultats obtenus par l'auteur montrent clairement que la méthode brésilienne de préparation du caoutchouc par coagulation avec la fumée n'est pas supérieure à la méthode de préparation des crêpes fumées employée dans les plantations, lorsque les qualités des produits obtenus sont comparées par les mêmes essais de vulcanisation ; il semblerait, au contraire, que la méthode brésilienne soit légèrement inférieure à la méthode de plantation.

Séance du 1er *Mai* 1916

M. J. S. G. Thomas : *L'évaporation du naphtalène dans le gaz d'éclairage sec et humide.* L'auteur a reconnu que la teneur en naphtalène à saturation du gaz d'éclairage humide, entre 0° et 35° C., est moindre que celle du gaz d'éclairage sec, tandis que c'est l'inverse qui se produit au-dessus de 35°. Ce phénomène s'explique par le fait que le gaz d'éclairage humide, même non saturé, en passant sur les fines particules de naphtalène, y laisse une partie de son eau, qui est condensée ou absorbée. L'évaporation du naphtalène, à travers cette pellicule d'eau, est d'autant moindre que la température est plus basse. Il faudra tenir compte de ces résultats dans le problème de la condensation du naphtalène du gaz d'éclairage. — **M. F. Clowes** : *Les produits sulfurés dans le gaz d'éclairage.* L'auteur décrit les expériences entreprises en Angleterre depuis plusieurs années pour l'enlèvement des produits sulfurés du gaz d'éclairage. Le gaz passe à une température d'environ 230° sur des briques réfractaires imprégnées de nickel réduit. Par ce traitement, le sulfure de carbone et l'hydrogène libre du gaz d'éclairage fournissent du carbone et H^2S. Ce dernier est éliminé par passage subséquent du gaz d'éclairage sur de l'oxyde de fer, et le carbone déposé sur la brique nickelée est consumé, ce qui rend de nouveau la surface active pour continuer la purification du gaz. Par ce procédé, on peut réduire la teneur en soufre du gaz d'éclairage à un demi-gramme par 100 pieds cubes. Ce procédé est en usage depuis 2 à 3 ans dans quatre grandes usines à gaz municipales; il fonctionne avec efficacité et sans difficulté pratique.

Séance du 5 *Juin* 1916

MM. R. Seligman et **P. Williams** : *Action de l'acide nitrique sur l'aluminium.* L'aluminium peut être utilisé avec avantage pour la manipulation de l'acide nitrique concentré pourvu que ce dernier soit froid et que les appareils soient bien combinés. L'aluminium n'a qu'une vie très limitée lorsqu'il est soumis à l'action de l'acide nitrique chaud de concentration quelconque. L'acide nitrique dilué froid peut être dans certains cas manipulé avec succès dans l'aluminium, quoique la durée de ce dernier ne soit pas aussi longue que lorsqu'il est soumis à l'action de l'acide concentré. Etant donnée l'attaque rapide par l'acide dilué, les récipients qui ont contenu de l'acide concentré doivent être rincés soigneusement ou scellés pour que l'humidité de l'air ne vienne pas diluer l'acide qui reste à l'intérieur. L'aluminium doit être employé avec précaution pour la manipulation des mélanges d'acides.

Section de Nottingham

Séance du 26 *Janvier* 1916

MM. J. T. Wood et **D. J. Law** : *Note sur l'action de la chaux dans la dépilation des peaux.* Les auteurs ont reconnu que l'action épilatoire de l'eau de chaux sur les peaux est due à trois causes principales : 1° à l'ammoniaque produite par action bactérienne dans les chaux vieillies et aussi par action chimique de la chaux sur le poil et certains constituants de la peau; 2° aux enzymes protéolytiques faibles produites par les bactéries; 3° aux composés sulfurés formés par l'action de la chaux sur le soufre aisément soluble du poil.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 17-18 15-30 SEPTEMBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Elie Metchnikoff. — Elie Metchnikoff naquit en 1845 à Ivanavka, près de Kharkoff. Son père était d'origine moldave et avait été officier de la Garde impériale russe; sa mère était israélite.

Dès l'âge de 18 ans, il publiait deux travaux de Zoologie sur une Vorticelle et un Nématode. C'est après ces deux premiers mémoires qu'il vint en Allemagne travailler sous la direction de von Siebold et de Leuckart.

En 1865 paraît son mémoire sur l'évolution de l'*Ascaris nigrovenosa*, démontrant que le parasite hermaphrodite du poumon de la grenouille donne naissance à une génération de vers sexués vivipares, décrits comme *Rhabilitis*, et qui, après un court séjour dans la vase, reviennent habiter le tube digestif de la grenouille.

Devant l'importance de cette découverte au point de vue zoologique, Leuckart voulut en enlever le mérite à son assistant, mais Metchnikoff put établir que ses travaux avaient été poursuivis dans le laboratoire de Leuckart, il est vrai, mais pendant l'absence de celui-ci, et sans aucune participation de sa part.

Ses recherches embryogéniques avec Kowalesky le conduisent à de nouvelles découvertes sur l'évolution des animaux inférieurs, montrant que de nombreuses formes décrites non seulement sous des noms divers, mais rangées dans des groupes souvent éloignés, ne sont en réalité que les représentants d'une même espèce présentant un cycle étrangement polymorphe.

Telle la *Tornaria*, que Johannes Muller considérait comme une larve d'étoile de mer et que Metchnikoff rattacha au développement du *Balanoglossus* de Delle Chiaje.

Telle encore l'*Actinotrocha mirabilis*, qui devient un petit ver tubicole, le *Phoronis*, dont le panache respiratoire volumineux rappelle celui des Bryozoaires.

En 1870, Metchnikoff est nommé professeur de Zoologie à Odessa, et il continue ses travaux, soit seul, soit en collaboration avec son ami intime Kowalewsky, ou avec Claparède qu'il avait rencontré au Laboratoire de Naples.

De 1875 à 1886, il poursuit ses travaux sur l'embryologie cellulaire. Reprenant l'étude d'une planaire, le *Geodesmus bilineatus*, qui avait fait l'objet d'un de ses premiers mémoires, il découvre que le tube digestif de cette planaire, dans le premier stade de son développement, est complètement plein, observation contraire à la *Gastræa-theorie* d'Hæckel qui commençait alors à s'implanter comme un dogme scientifique. Ce n'était pas le seul terrain où les idées de Metchnikoff et d'Hæckel entraient en conflit. Les travaux du professeur d'Odessa sur les Eponges calcaires, les Echinodermes, les Cténophores le conduisaient à des conceptions très différentes de celles de l'Ecole d'Iéna sur l'origine des cellules endodermiques et mésodermiques.

Ses recherches sur l'embryogénie des Ophiures et des Oursins lui permettent de distinguer des organismes mobiles qui nagent pendant une certaine période dans le liquide de la cavité générale, puis qui, après une vie indépendante, vont se fixer en des points déterminés et, perdant leur indépendance, deviennent les éléments de tissus et d'organes nettement spécifiés. Mais, à côté de ces éléments désormais fixes, il en est d'autres qui vont continuer leur vie cellulaire indépendante, proliférant avec une intensité variable suivant les circonstances, sièges d'un métabolisme intense, capables d'absorber, de digérer, d'élaborer des produits nouveaux, se comportant, suivant l'expression ultérieure de Duclaux, comme de véritables glandes unicellulaires.

Le premier mémoire du *Zoologischer Anzeiger* où il insiste sur cette digestion cellulaire date de 1880, mais c'est en 1883 qu'il établit sa théorie de la phagocytose et qu'il en tire les déductions les plus hardies.

Sans diminuer en rien le mérite de Metchnikoff, il est inexact d'écrire que cette découverte lui appartient entièrement, que personne avant lui n'avait soupçonné l'existence de la digestion intra-cellulaire.

Metchnikoff lui-même cite les premières observations d'Hæckel sur l'ingestion des granules de pigment par les corpuscules amœboïdes du sang du *Tethys;* de Jeffrey Parker sur la digestion intra-cellulaire par les cellules bordantes de la cavité digestive de l'*Hydra ;* de Robert Koch sur la pénétration des microbes dans les leucocytes ; de Cohnheim, de Stricker sur l'activité des

leucocytes dans les espaces étoilés de la cornée de a grenouille.

Il n'en est pas moins vrai que c'est à lui que revient le grand honneur d'avoir vu dans ces manifestations vitales de la cellule amœboïde indépendante, non pas des faits exceptionnels, isolés, sans importance, mais au contraire un mécanisme universel, exerçant une action intense, continue, sur les processus vitaux.

Il n'est pas inutile de rappeler que sa théorie du rôle des phagocytes, des cellules mangeuses de bactéries, fut surtout appuyée par ses observations si ingénieuses sur les Daphnies. Ces petits crustacés transparents sont souvent infectés par un parasite : le *Monospora*. Les cellules mobiles circulant dans le liquide vasculaire des Daphnies livrent aux parasites des combats incessants et, suivant que la lutte se termine par le triomphe des forces amœbiennes ou par leur défaite, la Daphnie survit ou meurt.

C'est ainsi qu'en 1884, dans son mémoire : *La lutte de l'organisme contre les microbes*, il affirmait que les phagocytes que l'on rencontre partout chez les êtres différenciés se sont développés en vertu des lois de sélection pour assurer la lutte contre les microbes pathogènes.

Ne trouvant pas à Odessa, malgré sa nomination à la tête d'un laboratoire de bactériologie, le milieu favorable pour pouvoir suivre ses études, Metchnikoff gagna l'Allemagne. L'accueil des savants allemands y fut plus que froid : ne raconte-t-on pas qu'un certain professeur germain détériora volontairement quelques belles préparations obtenues par Metchnikoff !

Heureusement l'hospitalité française, représentée par Pasteur, offrait au savant russe un laboratoire à l'Institut qu'une souscription nationale venait de créer et dont il partagea bientôt la direction avec Roux.

Ses *Leçons sur la pathologie comparée de l'inflammation* (1892), puis sur l'*Immunité dans les maladies infectieuses* (1901), renferment un exposé magistral de ses conceptions sur la lutte des organismes contre la maladie. Ses idées naturellement trouvèrent de puissants contradicteurs ; à la théorie cellulaire de l'immunité, les adversaires opposèrent la théorie humorale. En fait, comme dans toutes les conceptions trop exclusives, les deux écoles opposées durent faire des concessions. Metchnikoff lui-même s'attachait avec succès à l'étude des humeurs et à leur action, réaction et interaction sur les éléments figurés. Les effets chimiotaxiques, le rôle des alexines, des sensibilisatrices étaient étudiés par lui et ses élèves ; l'action protectrice des humeurs n'était pas niée, au contraire, mais elle devenait une dépendance de l'activité cellulaire, puisque c'étaient les leucocytes eux-mêmes, glandes monocellulaires, qui les modifiaient, leur donnant des propriétés nouvelles.

C'est ainsi que le phagocyte, comme la cellule pancréatique, sécrète des cytases ayant des effets voisins de la trypsine, la macrocytase digérant les hématies et fort peu les microbes, la microcytase, au contraire, indifférente aux hématies, mais s'attaquant énergiquement aux bactéries. Ces cytases, fixées sur les éléments cellulaires, ne deviennent libres qu'à la mort de ces éléments, et constituent alors les substances cytolytiques du plasma, les alexines ou compléments.

Par contre, les *sensibilisatrices* produites par les macrophages abandonnent facilement ces cellules et, en se déversant dans le sang, confèrent à l'organisme l'immunité temporaire ou permanente.

La théorie de l'immunité ainsi conçue est évidemment très séduisante; elle repose sur un grand nombre de faits d'observation spontanée ou d'observation provoquée, c'est-à-dire expérimentaux; mais il est fort probable qu'elle devra subir encore une profonde évolution et faire une part plus large aux éléments cellulaires fixes de tous nos organes.

Au début de sa carrière scientifique, Metchnikoff s'était attaqué, et avec quel succès, à l'étude des premiers stades de la vie; ses quinze dernières années furent surtout occupées au problème de la vieillesse. Déjà en 1903, dans son ouvrage sur *la Nature de l'homme* il se préoccupait des origines des processus dégénératifs qui frappent l'être vivant. Frappé de l'influence nocive des produits de déchets fabriqués dans l'organisme, il avait cru trouver dans l'utilisation des bons microbes un moyen efficace pour lutter contre les fermentations intestinales. Le bacille lactique était l'allié qu'il préconisait contre les bactéries parasites de notre intestin, et le lait aigri, le lait bulgare, devenait pour lui l'agent thérapeutique et prophylactique le plus puissant.

Entraîné par ses convictions, il poussait plus loin, trop loin sans doute, ses déductions en proposant de supprimer une partie du tube intestinal, siège des fermentations ultimes. L'intestin rectiligne des poissons aurait volontiers constitué pour lui le tube intestinal idéal. Déjà Bouillaud avait écrit, au commencement du XVIIIe siècle, cet aphorisme toujours vrai : « On a l'âge de ses artères » ; Metchnikoff croyait par son traitement prévenir l'artério-sclérose. Prévenir et non guérir, disait-il, et il devait confirmer hélas lui-même cette dernière idée, puisque son autopsie révéla un athérome de l'aorte !

L'œuvre de Metchnikoff fut considérable et son nom restera désormais éternellement lié à ceux de ses fidèles amis, Pasteur et Roux. Tous trois auront jeté un éclat incomparable sur cet Institut de la rue Dutot qui a tant fait pour l'humanité et pour la gloire de notre pays.

J. P. Langlois,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Paris.

§ 2. — Physique

Augmentation du rendement des lignes télégraphiques par l'accord acoustique[1]. — Les lignes télégraphiques ordinaires, desservies au Morse ou au Sounder par courant continu, présentent l'inconvénient d'obliger tous les postes intermédiaires à rester au repos quand deux postes extrêmes sont en correspondance. Lorsqu'une ligne embroche de nombreuses stations intermédiaires, cette manière de travailler entraîne naturellement de grands retards pendant les heures de trafic intense, où la ligne devient alors absolument insuffisante.

Pour remédier à ce défaut, on peut, soit utiliser des appareils transmetteurs ou récepteurs fonctionnant à grande vitesse, soit augmenter le rendement de la ligne en appliquant la méthode de travail en multiplex. Mais les appareils rapides sont généralement très compliqués ; ils exigent un personnel d'agents habiles, en sorte que leur emploi se trouve limité aux lignes principales à longue distance dont le trafic est élevé pendant une grande partie de la journée. Le travail en multiplex n'est lui aussi avantageux que pour des densités de trafic élevées, et les appareils sont encore plus compliqués que ceux qu'on utilise pour la transmission dans une seule direction.

La meilleure solution consisterait en un dispositif permettant la communication simultanée entre tous les couples de stations desservies par la ligne et n'utilisant que des appareils d'un prix raisonnable et d'un maniement simple.

Les progrès récents réalisés dans l'application des courants alternatifs aux transmissions téléphoniques ont suggéré l'idée d'utiliser les différentes fréquences de ces courants à l'intercommunication entre différents postes d'une même ligne. On a réalisé récemment des dispositifs qui utilisent des courants alternatifs de fréquences différentes pour chacun des postes d'une même ligne. Bien que tous les postes embrochés soient parcourus par ces courants, chaque fréquence n'affecte que le poste destiné à la recevoir.

Les appareils transmetteurs, récepteurs et auxiliaires de chacun des postes de la ligne sont reliés en série ensemble et avec la ligne, et chacun correspond à une fréquence déterminée. L'émission sur la ligne des courants de la fréquence appropriée se fait au moyen de

1. *La Lumière Electrique*, 24 juin 1916.

dispositifs spéciaux permettant d'attaquer en tout temps tous les postes de la ligne et, par ce fait, de supprimer les attentes, sauf dans le cas où le poste attaqué est engagé.

Les fréquences utilisées s'échelonnent entre 600 et 1.100 périodes par seconde. Avec une différence de 50 périodes (c'est-à-dire, 600, 650, etc.), on peut admettre 11 postes par ligne entre ces limites et, si ce nombre ne suffit pas, le porter à 14 en ramenant la différence de fréquence à 40 périodes. Il serait imprudent de faire usage de différences plus faibles, attendu que 40 périodes pour 1120 ne constituent qu'une différence de 4 %, minimum compatible avec une bonne transmission. Si l'on voulait desservir plus de 14 postes avec la même ligne, la meilleure solution consisterait à porter la fréquence au-dessus de 1.000 ou au-dessous de 600. Mais, afin de prévenir toute confusion des harmoniques, il importerait alors de briser la progression régulière des fréquences, soit en utilisant 1.250 périodes au lieu de 1.200 (qui auraient probablement pour effet d'amener une confusion avec les télégrammes de 600 périodes), 1.350 au lieu de 1.300 (égal à 2 × 650), etc. Ce procédé fournirait aussi une plus grande différence de pourcentage entre les diverses fréquences et, par suite, rendrait le travail plus sûr.

L'appareil employé consiste en un *monotéléphone* ou téléphone de courant alternatif accordé pour la réception et en un *téléphone chantant* à fréquence variable pour la transmission.

Le monotéléphone répond au courant alternatif pour lequel il a été accordé et n'est pas sensiblement affecté par les courants alternatifs de fréquences autres.

La différence essentielle entre le monotéléphone et les récepteurs ordinaires consiste en ce que la membrane d'acier, d'un ou deux millimètres d'épaisseur, repose sur trois pointes fines placées à 120° les unes des autres autour de la ligne nodale de l'onde fondamentale de la membrane (c'est-à-dire sur un cercle d'un diamètre égal aux 68/100 du diamètre de la membrane). Le diaphragme des récepteurs téléphoniques ordinaires, qui est serré par un anneau, répondrait à toutes les fréquences; mais, soutenue comme on vient de l'indiquer, la membrane du monotéléphone ne répond librement qu'à une fréquence identique à la sienne propre et qui dépend du diamètre. Le fonctionnement est très simple et, une fois construit, le monotéléphone ne demande aucun autre réglage.

Le téléphone chantant, couplé électromagnétiquement avec un microphone par une bobine d'induction, est pourvu d'un dispositif de réglage permettant de faire varier la fréquence du courant alternatif en la maintenant constante à 1 % près.

Etude des détecteurs à cristaux utilisés en T. S. F. — MM. Hunt et Whittemore[1] se sont proposés d'étudier l'influence des variations de température, de pression, et de tension de la vapeur d'eau sur le fonctionnement de quelques détecteurs utilisés en T.S.F. Un poste d'émission et un poste récepteur étant installés dans le même bâtiment, on note les déviations produites par le courant du détecteur dans un galvanomètre balistique très sensible (0,0026 micro-ampère par mm.) disposé en série. Le détecteur est disposé à l'intérieur d'un récipient clos à l'intérieur duquel on peut maintenir des conditions différentes : le récipient peut être chauffé dans un bain d'huile ou refroidi dans un tube Dewar contenant de l'air liquide; une pompe permet de modifier la pression; pour faire varier la tension de la vapeur d'eau, on dispose à l'intérieur du récipient une solution d'acide sulfurique de concentration variable et connue.

Une des principales difficultés qu'on a rencontrées dans cette étude provient d'une force électromotrice parasite qui prend naissance au contact de la pointe et du cristal dans le détecteur et qui détermine une déviation en apparence inexplicable du galvanomètre, même lorsqu'on ne reçoit aucun signal. On élimine cette f. é. m. par l'emploi d'une pile thermo-électrique disposée en série sur le galvanomètre et que l'on échauffe par le rayonnement d'une lampe à incandescence disposée à une distance convenable; un commutateur permet de changer le sens de ce courant thermo-électrique, afin qu'il soit constamment apposé à celui de la f. é. m. parasite dont le sens est variable.

MM. Hunt et Whittemore ont noté les variations des indications du galvanomètre avec les conditions extérieures pour un détecteur à galène, un détecteur perikon (contact entre un cristal de zincite et un cristal de chalcopyrite), un détecteur à silicium et un détecteur à carborundum.

Aucune influence de la pression n'a été constatée dans un intervalle de 25 à 135 cm. de mercure.

Sous l'influence de la température, les détecteurs se comportent différemment. Avec la galène, le courant transmis décroît rapidement quand la température s'élève et s'annule vers 170° C[1]. Au contraire, par refroidissement on constate un maximum du courant vers — 50° C. On peut sans doute chercher dans ces résultats l'explication du fait que le passage dans un détecteur à galène du courant intense produit par une forte décharge atmosphérique ou l'étincelle d'un poste voisin en altère le fonctionnement; il est possible que le phénomène soit dû à l'échauffement local du contact produit par le passage du courant. Le courant fourni par le détecteur perikon croît au contraire avec la température, sans qu'on ait constaté de maximum entre les températures de — 120° C. et + 210° C. Le fonctionnement du détecteur au silicium est très capricieux et dépend de l'échantillon du cristal utilisé. Quand on échauffe un détecteur à carborundum, le courant croît, passe par un maximum vers 130° C, décroît jusqu'à un minimum vers 165° C, et croît ensuite à nouveau; par refroidissement, on obtient une courbe qui se raccorde avec la précédente et qui donne une valeur nulle du courant vers — 85° C.

L'accroissement de la tension de la vapeur d'eau détermine une diminution du courant transmis, surtout sensible avec le détecteur à galène.

Un point intéressant qui a été mis en évidence dans les recherches de MM. Hunt et Whittemore est que certains détecteurs ne redressent pas toujours dans le même sens les courants oscillatoires de haute fréquence qu'ils reçoivent. Le sens du courant transmis dépend du réglage. Parfois même, il varie sans qu'aucune modification ait été produite dans le réglage. Le sens habituel du courant, pour le silicium et la galène, est du cristal vers la pointe; pour le carborundum, de l'aiguille vers le cristal. Le détecteur perikon est le seul qui n'ait présenté aucune inversion : le courant va toujours de la chalcopyrite vers la zincite.

Il est probable que les variations observées dans le courant transmis par le détecteur ont pour origine des modifications de surface ou des modifications internes du cristal. Sans doute, les modifications internes prédominent-elles dans les phénomènes fournis par les variations de température, qui sont si importants dans le cas du carborundum. Sous l'influence de l'humidité, ce sont sans doute les effets de surface qui interviennent.

A. B.

§ 3. — Chimie industrielle

Un nouveau procédé pour la distillation du goudron. — La distillation du goudron a lieu en général dans de grandes cornues en fer de 5 à 30 m³ de capacité, à chauffage direct; elles sont remplies périodiquement de goudron et le contenu est porté à l'ébullition jusqu'à ce qu'une certaine partie ait distillé; puis le

1. *The Physical Review*, mai 1916

1. Pour être assuré que les variations observées sous l'influence de la température ne sont pas dues à des phénomènes de dilatation, on fait supporter la pointe du détecteur par un ressort en spirale très fin.

résidu, qui suivant les conditions de la distillation est constitué par de la poix tendre ou dure, est écoulé afin de permettre un nouveau remplissage.

Ce procédé de travail est peu rationnel et non sans dangers. Un ingénieur déjà bien connu par l'invention de nombreux dispositifs appliqués dans l'industrie chimique, M. Kubierschky, a proposé de le remplacer par un procédé continu et absolument sans danger[1].

La distillation a lieu dans un appareil à colonnes (analogue à ceux qui sont depuis longtemps en usage dans l'industrie de l'alcool), chauffé par de la vapeur sous 6 à 8 atmosphères de pression, dans lequel le goudron finement divisé tombe continuellement, à la rencontre d'un contre-courant régulier de vapeur d'eau surchauffée à 150° C. environ. Avant que le goudron parvienne dans la colonne à distiller, il passe par un réchauffeur, chauffé par les vapeurs de goudron déjà distillé, et un appareil à déshydratation. En présence de vapeur d'eau, les huiles à haut point d'ébullition se vaporisent à des températures relativement basses, et la composition des vapeurs dépend du rapport des tensions de vapeur de l'eau et de l'huile à chaque température. Plus une huile bout difficilement, plus il faut de vapeur d'eau pour en entraîner une certaine proportion; cependant, la consommation de vapeur diminue très rapidement à mesure que la température de distillation s'élève.

Le nouvel appareil a une consommation de vapeur relativement faible et divise le goudron en trois fractions : benzol, huile de goudron et poix, ayant une composition toujours constante. Lorsqu'on veut fabriquer de la poix dure, il faut remplacer le système de chauffage par un surchauffeur de vapeur, alimenté avec des résidus d'huile ou de goudron. On peut utiliser aussi le même dispositif lorsqu'on ne veut pas produire de benzol, mais seulement de l'huile de goudron pour moteurs Diesel et de la poix; dans ce cas, pour le chauffage préalable du goudron, on le fait passer autour du canal d'échappement du surchauffeur de vapeur. Pour utiliser au maximum la chaleur de la vapeur d'eau, le mélange de vapeur d'huile et d'eau sortant de la colonne n'est refroidi qu'à 105° C., température à laquelle les huiles se condensent seules, tandis que la vapeur d'eau, au moyen d'une soufflerie, est ramenée par le surchauffeur à la colonne de distillation.

Dans les grandes installations de distillation du goudron (traitant 60 tonnes par jour), on utilise deux appareils à colonne : dans le premier, le goudron est déshydraté et débarrassé de ses parties les plus volatiles, tandis que dans le second on distille les huiles moyennes et lourdes. Ce fonctionnement en deux temps permet de réaliser une utilisation encore meilleure de la chaleur.

Les avantages du nouveau procédé sont : la marche ininterrompue, l'obtention de produits réguliers et à haute teneur, l'éloignement de tout danger d'incendie, la plus grande compacité de l'installation et le fonctionnement plus économique. La distillation de 100 kg. de goudron jusqu'au stade de poix dure ne demande que 30 kg de vapeur, correspondant à environ 4 kg de houille.

§ 4. — Enseignement

L'avenir des Muséums de province. — Nous avons en France de nombreux musées d'histoire naturelle ou muséums; ils ont été fondés, en général, par l'initiative privée, puis ont été pris ensuite par les municipalités et sont entretenus sur des fonds fournis par elles.

D'autres muséums ont été créés par les Facultés des Sciences et sont sous la direction des Universités. Nous ne nous occuperons pas aujourd'hui de ces derniers, qui sont des auxiliaires pour l'enseignement supérieur, et qui constituent des moyens d'étude pour les élèves. Ils ont un guide obligé, ils sont tenus en haleine par les professeurs successifs qui occupent les chaires d'enseignement supérieur.

Mais nous pensons à ces muséums que l'initiative d'un savant local a su mener à un développement souvent extraordinaire. Ils répondent à un but pendant la vie de celui qui a su les mettre en valeur et ils tombent après lui dans l'oubli, parce que rien n'incite la ville à leur donner la vie.

Il y a cependant là, en puissance, un capital intellectuel qui ne demande qu'à se déverser; mais, pour arriver à ce but, il faudrait que le contenu des muséums fût utilisé, soit pour l'enseignement des jeunes, soit pour celui de la foule des adultes. Il faudrait que les visites au muséum fassent partie de l'enseignement à tous les degrés. Or le muséum est isolé; lorsque son soutien actif, son fondateur disparaît, on se désintéresse de lui : les plus petits crédits lui sont souvent refusés; quelquefois même on demande la dispersion de ses collections. Elles ont cependant donné bien du mal à réunir; si elles sont un peu anciennes et peu en rapport avec les aspirations intellectuelles du moment, elles sont cependant utiles à consulter, à étudier, à augmenter, et leur présence est une occasion pour grouper à côté d'elles des collections qui offrent un intérêt plus palpable, de plus d'actualité.

Il faudrait donc infuser la vie à ces muséums qui dorment, y organiser un enseignement à tous les degrés qui aurait pour pivot les collections du muséum.

Comment arriver à ces divers résultats?

Voici comment la ville du Havre a essayé de solutionner cette question.

Le Muséum du Havre a été pourvu de son autonomie en 1845, époque à laquelle Lesueur en fut nommé le premier conservateur. En 1877, Lennier l'installait, à l'occasion du congrès de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, dans le bâtiment où il est actuellement. Ce muséum est toujours vivant et visité toute l'année par un nombreux public. Chaque mercredi après-midi, de 2 à 4 heures, les enfants les plus âgés des écoles municipales y viennent pendant les heures de classe faire des visites, ce qui contribue à constituer une clientèle de visiteurs. Le public havrais s'intéresse à son muséum. Pour que cet intérêt se maintienne, il faut que les séries qui composent les collections s'accroissent, se développent, se renouvellent. Il faut pour celà des compétences variées, spécialisées, qu'on ne saurait rencontrer aujourd'hui chez un seul homme.

Aussi la Municipalité du Havre a pensé que l'Université de Caen pourrait prêter son concours à la mise en valeur de cet établissement scientifique. Depuis le premier janvier 1912, l'Université de Caen a fondé une *extension universitaire* au Havre, d'accord avec la Municipalité de cette ville.

Voici la base de cette extension universitaire :

1° Participation des professeurs de la Faculté des Sciences de Caen à la direction des visites de démonstration au Muséum sur des sujets spéciaux. A l'occasion de ces visites, organisation de collections spéciales, d'accord avec l'Administration du Muséum. De temps en temps, vient au Havre pour trois mois un des préparateurs de l'Université de Caen qui, avec les conseils d'un professeur, s'occupe de mettre les collections en état;

2° Un Laboratoire d'Océanographie est organisé et entretenu par la ville du Havre; le directeur est nommé par le Recteur sur la proposition du Maire. Il est en même temps conservateur du Muséum et fonctionnaire de l'Université;

3° Les professeurs de l'Université de Caen participent, sous forme de conférences, à l'enseignement qui existe au Havre.

Avec cette tutelle universitaire, le Muséum du Havre donne-t-il son maximum de rendement au point de vue de l'instruction générale? Je ne le pense pas.

Les écoles ne l'utilisent pas assez dans leur enseignement. Ce n'est pas encore la mode d'y amener plusieurs fois dans le cours de l'année les jeunes gens des écoles ou ceux de l'enseignement post-scolaire. Les plus âgés des élèves des écoles y viennent une fois. Peut-être la présentation de nos collections n'est-elle pas suffisante

1. *Chemiker-Zeit.*, 1915, pp. 387 et 422.

pour attirer et retenir le public. Il serait bon de connaître mieux ce que font les muséums voisins et ceux qui existent à l'étranger.

Les pays voisins, nos alliés d'Angleterre et les neutres, les Norvégiens, les Suédois, les Américains des États-Unis, ont eu les mêmes besoins que nous. Ils ont fondé des associations des muséums ; des congrès réunissent chaque année les « Museum-men ». On y discute l'organisation, la conservation des collections, le devenir des Muséums. Cette union constitue une force pour chaque muséum et amène le développement continu de chacune de ces institutions; elle incite les initiatives.

Au Congrès du Havre de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences en 1914, le Dr Bather a fait une communication sur « The Museums Association ». Cette association publie depuis le commencement du siècle une revue ou l'on trouve exposées des idées sur les fonctions, les méthodes des musées et muséums. Dans les congrès annuels qu'elle organise, tous les conservateurs se donnent un mutuel enseignement. « On comprend, dit le Dr Bather, qu'un conservateur des fossiles ait quelque chose à gagner à la fréquentation des géologues et paléontologistes, ou un directeur de musée des Beaux-Arts apprendra beaucoup en visitant les galeries de peinture; mais il est possible que vous n'ayez pas pensé combien le conservateur des sciences peut apprendre de son confrère des arts, ou combien celui-ci, à son tour, peut profiter de l'étude d'une bonne exposition d'histoire naturelle telle qu'elle est installée aujourd'hui dans les musées les plus avancés. C'est justement sur ce point que je veux insister. A nos congrès, nous ne sommes pas des savants, des archéologues, des connaisseurs ; nous ne sommes rien que des conservateurs de musées — *museum-men*. — Nous avons tous le même but : la conservation des objets (soit de la nature, soit de la science, soit de l'art) qu'on nous a confiés, et l'utilisation de ces objets pour l'inspiration des hommes, l'instruction des étudiants et l'aide des investigateurs. Pour nous aider à atteindre ce but, chacun apporte sa contribution. De l'artiste nous apprenons le charme et l'attrait de la beauté et de l'harmonie; de l'homme de science nous apprenons la nécessité de l'ordre et de la lucidité, la valeur d'un système. Voilà les principes ; mais il y a encore les procédés. Les expériences qu'a faites le paléontologiste pour déterminer les meilleures méthodes de conserver des fossiles fragiles, pour durcir des roches poussiéreuses, sont également utiles à l'archéologue pour ses tessons et ses faïences antiques. La protection des couleurs contre les rayons du soleil n'est pas plus importante pour le conservateur des peintures ou des tissus que pour l'empailleur d'oiseaux et de mammifères. Quant aux questions de vitrines, d'éclairage, d'étiquettage, de guides ou de conversation, elles sont à peu près les mêmes pour nous tous.

« Toutes ces questions-là, nous les discutons à nos congrès annuels et dans notre Journal. Au congrès, de plus, nous voyons les choses elles-même dans les musées de la ville où nous nous trouvons, car chaque année nous nous assemblons dans une ville différente, et nous cherchons à visiter les villes dans les diverses parties du royaume. ».

Le Dr Bather, délégué de la « Museum Association », proposait en 1914 de faire à Paris une réunion des « museum-men » ; organisons-là aussi vite que possible.

Les muséums doivent, en effet, être utilisés dans la lutte économique de l'après-guerre.

Ils peuvent être utilisés indirectement en éduquant les populations d'une façon générale. Ils peuvent avoir une action directe sur la lutte économique. Par exemple : Une grande partie de notre matériel venait d'Allemagne ; en nous groupant, nous pouvons faire des commandes intéressantes qui inciteront des maisons françaises ou anglaises à faire les instruments dont nous avons besoin. Ainsi, à la demande du Dr Low, secrétaire de l'Association des Muséums anglais, je viens de promettre de consacrer, sur le budget de 1917 du Muséum du Havre, une somme de 250 francs pour acheter de la verrerie qui sera fabriquée soit en France, soit en Angleterre, mais pas en Allemagne. Le marché des poissons exotiques, qui était fait dans notre port du Havre par des navires allemands, grâce à l'initiative des compagnies de navigation allemandes, va continuer; les officiers et marins des lignes françaises me demandent le moyen de se munir d'aquariums ; ils nous rapporteront de ces poissons aux couleurs étranges et aux formes variées, qui font la joie des amateurs. Trouvons le moyen d'aider ces initiatives.

La *Revue générale des Sciences*, en me demandant quelques notes afin d'exposer ces idées, me suggère de proposer une organisation pratique pour répondre aux buts que nous venons d'indiquer.

Imitons ce qui se passe en Angleterre. Organisons une union des Muséums de France. Que la *Revue générale des Sciences* soit, jusqu'à nouvel ordre, l'organe de ce groupement.

L'Association Française pour l'Avancement des Sciences pourrait étudier la création, dans ses congrès, d'une section des musées et muséums, qui serait comme le congrès des « Museum-men ».

De cette façon nous arriverons à développer ce moyen d'instruction que constituent les musées et muséums. A l'heure actuelle, les muséums sont des établissements scientifiques qui ne donnent pas leur maximum pour l'instruction générale [1].

Dr A. Loir,
Conservateur du Muséum
d'Histoire naturelle du Havre.

§ 5. — Sciences diverses

A propos de la protection de la propriété industrielle en France. — Depuis la remise du manuscrit de l'article de M. A. Taillefer sur les modifications à apporter aux lois régissant la propriété industrielle [2], deux projets de loi importants ont été déposés par le Gouvernement, le 6 juin 1916, sur les brevets d'une part, et les marques de fabrique et de commerce d'autre part, qui réalisent une bonne partie des réformes souhaitées par les milieux intéressés à la protection de la propriété industrielle.

Le premier de ces projets, qui constitue une refonte complète de la loi des brevets, comporte notamment : l'établissement de la taxe progressive, taxe de dépôt de 25 francs croissant de 25 francs chaque année, l'extension à 20 ans de la durée des brevets, l'organisation d'un examen facultatif, l'organisation, par la modification des conditions de cession des brevets, d'un « état civil » pour chaque brevet. L'obligation d'exploiter est maintenue. On peut regretter toutefois que les rédacteurs du projet n'aient pas cru devoir aborder la question de la brevetabilité des produits pharmaceutiques et de l'organisation de l'expropriation des brevets.

Le second réalise dans la matière des marques une réforme demandée depuis longtemps : la consolidation du dépôt qui, de purement déclaratif au début, devient attributif de propriété au bout de 5 ans. Il institue une taxe de dépôt modérée de 25 francs et une taxe d'enregistrement de 10 francs par classe de produits auxquels la marque doit s'appliquer, un état civil des marques, en réglant les conditions de transmission des droits de propriété ou d'exploitation des marques; il organise enfin d'une façon très satisfaisante la protection des marques collectives.

Le vote rapide de ces deux projets par le Parlement est des plus désirables ; il marquerait un progrès considérable dans l'organisation de la propriété industrielle en France.

1. Toutes les personnes que cette question intéresse sont priées de se mettre directement en relations avec le Dr A. Loir, Conservateur du Musée d'Histoire naturelle, Le Havre.

2. Voir la *Revue* des 15-30 août 1916, p. 478 et suiv.

LES PREMIERS ESSAIS SCIENTIFIQUES DE DESCARTES

Grâce à la publication du Journal de Beeckmann (tome X de la grande édition, Adam et Tannery, des œuvres de Descartes), nous connaissons les premières recherches auxquelles s'est exercé Descartes, pendant l'hiver de 1618-1619, quand il n'avait encore que 22 ans. Nous savons aujourd'hui comment, parti pour rejoindre en Hollande l'armée amie du prince de Nassau, il se laissait surtout séduire par les questions de tout ordre (Mathématique, Physique, Mécanique, Musique...) que lui soumettait l'esprit alerte et curieux de Beeckmann. Sans nous arrêter au conte, trop bien construit peut-être, par lequel Baillet explique la rencontre des deux hommes, nous ne pouvons plus douter en tout cas qu'une étroite amitié ne les ait unis, qu'ils aient eu pendant quelques mois des entretiens très fréquents, et que Descartes ait dû (comme il le dit lui-même d'ailleurs [1]) aux incitations de son ami de fixer définitivement sa pensée sur quelques problèmes importants. Le Journal de Beeckmann nous offre, pour nous guider dans l'étude de ces premiers essais, tantôt les réflexions de Beeckmann, tantôt la copie très précieuse de pages rédigées par Descartes lui-même, tantôt enfin la correspondance échangée par les deux amis. Ajoutons que les *Cogitationes privatae* — c'est-à-dire les inédits publiés jadis par Foucher de Careil, et dont le tome X de la grande édition nous donne un texte corrigé — nous permettent de jeter ça et là quelque lumière sur ces recherches de Descartes. Je détacherai, de l'ensemble des questions que mentionne le « Journal », les problèmes de la chute des corps et de la pression des liquides contenus dans des vases, le traité de musique, et enfin les recherches de Mathématiques pures, tantôt me contentant de quelques remarques, tantôt poussant plus à fond l'analyse, et en tout cas cherchant à saisir sur le vif, avant ce qu'on pourrait appeler l'attitude dogmatique de Descartes, quelques traits essentiels de sa pensée scientifique.

I

En novembre ou décembre 1618, Beeckmann avait interrogé Descartes sur la loi de la chute des corps dans le vide. Son Journal contient deux réponses à la question : l'une, rédigée par Descartes lui-même, l'autre rédigée par Beeckmann, d'après sa conversation avec le jeune Français. Il est tout naturel de se reporter d'abord à la première.

Puisque, dit en substance Descartes, on imagine à chaque instant s'ajouter une force nouvelle qui entraîne la pierre dans sa chute, cette force croît de la même manière que les lignes transverses *d e*, *f g*, *h i*..., et toutes celles en nombre infini que l'on tracera entre celles-ci (fig. 1). Pour le démontrer, soit le carré *a l d e* représentant le premier minimum de mouvement ou le

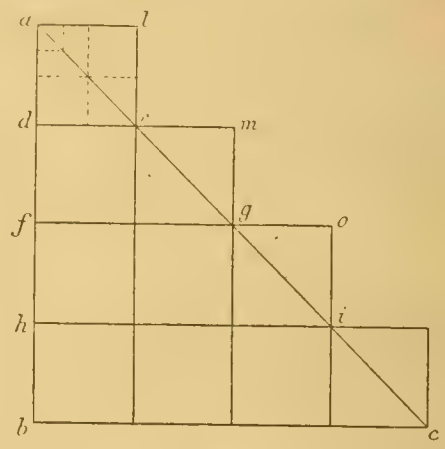


Fig. 1.

premier point de mouvement; les rectangles *d m g f*, *f o i h*, etc..., formés de deux, de trois,.. carrés égaux, représenteront les forces du second, du troisième... minimum de mouvement. La somme des triangles *a l e*, *e m g*, etc., situés au delà de la droite *a c* tend manifestement vers zéro, quand on choisit pour le minimum de mouvement un carré de plus en plus petit. Par suite, quand la pierre tombe de *a* vers *b*, les mouvements successifs (ou les forces qui y correspondent) sont entre eux comme les parallèles à *b c* comprises entre les côtés *a b*, *a c* du grand triangle. La partie *f b* est parcourue trois fois plus vite que la partie *a f*, parce que la pierre est entraînée par une force trois fois plus grande, ce qui résulte de ce que la surface *f g c b* vaut trois fois la surface *a f g* [1].

J'ai résumé le texte, mais je n'ai rien changé, dans cette traduction rapide, ni à la suite des idées, ni au sens des expressions essentielles. Et alors il n'est vraiment pas exagéré de dire que la lecture de cette démonstration est quelque peu déconcertante. C'est l'espace parcouru, et non le

1. Ad. et T, t. X, p. 162.

1. Ad. et T, t. X, p. 75.

temps, on l'a remarqué, qui est la variable indépendante; et les fonctions que représentent les parallèles à *bc* sont les intensités successives du mouvement; ce sont des forces, puis, à la fin, des vitesses. En somme Descartes, comme Galilée en 1604[1], pose, dans le mouvement accéléré de la chute, la proportionnalité des vitesses aux espaces parcourus, ce qui après tout n'était pas absurde *a priori*. Puis il intègre les forces ou, ce qui revient au même pour lui, les vitesses; il voit que la vitesse pour tout l'espace *fb* est trois fois plus grande que la vitesse correspondant à *af*, ce qui lui donne pour la loi cherchée : de deux espaces consécutifs égaux, le second est parcouru dans trois fois moins de temps que le premier. C'est du moins la forme sous laquelle nous retrouverons plusieurs fois l'énoncé sous sa plume. Il est à peine besoin de faire observer que cet énoncé ne revient nullement au même que celui de la loi véritable, que Galilée connaissait, en dépit de sa mauvaise démonstration, dès 1604. Si l'on en doutait, il suffirait de constater que, si t et t' sont les temps correspondant aux espaces e et $2e$, on devrait avoir pour Descartes $t' = \frac{4}{3}t$, au lieu de $t' = t\sqrt{2}$.

Mais qui ne sent, en lisant la démonstration de Descartes, qu'avec quelques changements dans le texte, et en conservant la même figure, comme à peu près les mêmes considérations mathématiques, on substituerait aisément des idées claires aux notions confuses, et, à la conclusion inexacte, l'énoncé exact de la loi de la chute des corps dans le vide ? Il suffirait de voir dans la verticale *ab* l'axe des temps, et non plus des espaces, dans les horizontales les vitesses, enfin dans les aires *afg*, *fbcg*, des quantités proportionnelles aux espaces parcourus, et l'on aboutirait clairement à cette conclusion que l'espace parcouru dans le deuxième instant est le triple du premier. C'est au fond la démonstration que donnera plus tard Galilée[2]. Mais, ô surprise, c'est alors justement et exactement celle que Beeckmann rédige lui-même sur son Journal, pour transcrire celle qui s'est dégagée pour lui de son entretien avec Descartes[3] ! Est-ce donc que celui-ci, en exprimant lui-même sa propre pensée, l'aurait inconsciemment trahie au point de ne nous offrir qu'une série de confusions? Ou bien tenons-nous dans cette rédaction la vraie pensée de Descartes, et est-ce Beeckmann qui l'a corrigée spontanément et instinctivement, sans même voir (car il l'aurait notée) la différence des deux démonstrations ?

Si curieux que cela doive paraître, je n'hésite pas à opter pour cette dernière hypothèse.

Si on lit de près le Journal de Beeckmann, on est conduit à supposer que la bonne démonstration est donnée par celui-ci, non pas comme due entièrement à Descartes, mais à la collaboration des deux amis : l'auteur du Journal ayant fourni les principes physiques, les conditions concrètes du problème, Descartes la partie proprement mathématique.

Après avoir, en effet, exposé la suite d'idées très rigoureuses qui conduit à formuler la loi de la chute des corps dans le vide, Beeckmann dit bien : Haec ita demonstravit Mr Peron (c'est-à-dire Descartes), mais il ajoute : « Cum ei ansam praebuissem, rogando an possit quis scire quantum spacium res cadendo conficeret unica hora, cum scitur quantum conficiat duabus horis, *secundum mea fundamenta*[1], viz. quod semel movetur, semper movetur in vacuo, et supponendo inter terram et lapidem cadentem esse vacuum. » Descartes a donc eu à résoudre le problème d'après des données fournies par Beeckmann. Ces données se réduisaient-elles aux deux conditions ici énoncées ?... Au commencement de sa propre rédaction, Descartes dit : « In proposita quaestione ubi imaginatur singulis temporibus novam addi vim... ». C'était assurément Beeckmann qui avait ainsi imaginé qu'à chaque moment du temps s'ajoute une force nouvelle. D'abord ce principe semble être un complément naturel de l'autre, d'après lequel ce qui se meut dans le vide continue indéfiniment à se mouvoir; mais il y a plus : en quelques lignes de son Journal qui précèdent la démonstration en question et où il ne nomme pas encore Descartes, Beeckmann s'exprime ainsi : « Si on suppose le vide, voici comment les choses tendent vers le centre de la terre ; au premier moment l'espace est ce qu'il peut être, étant donnée l'action de la terre ; au second moment un nouveau mouvement de traction s'ajoute, de sorte que l'espace est double du premier ; puis il est triple, etc.[2]. » Un renvoi placé à la fin de ces lignes y fait bien correspondre la démonstration qui suivra sur le Journal, mais la distribution du tout en deux morceaux séparés semble répondre à la distinction des données du problème et de sa solution. Enfin, s'il fallait une autre preuve que l'hypothèse imaginée, comme dit Descartes, d'après laquelle il va traiter la question, appartenait bien à Beeckmann,

1. Cf. P. Duhem : Etudes sur Léonard de Vinci. 3e série : Les prédécesseurs de Galilée, chap. XXXI.
2. Cf. P. Duhem : *Idem*.
3. Ad et T., t. X, p. 58.

1. C'est moi qui souligne.
2. Ad. et T., t. X, p. 58.

c'est que Descartes ne tardera pas, nous allons le voir dans un instant, à la rejeter, du moins en tant que la force nouvelle ajoutée à chaque moment était considérée comme constante.

Ainsi les *fundamenta* étaient de Beeckmann. Et ce n'est pas tout. Celui-ci, par sa manière de poser la question, ne donnait-il pas une indication que Descartes a eu grand tort de ne pas suivre? Il ne demandait pas quelles durées correspondent aux espaces successifs, mais bien l'inverse, c'est-à-dire qu'il prenait le temps comme variable indépendante, — à quoi il se conformait tout naturellement lui-même dans sa rédaction de la réponse de Descartes.

Alors qu'est-ce qui lui manquait donc pour avoir, sans Descartes, la solution du problème? Il lui manquait l'idée du triangle formé par les espaces qui correspondent aux moments infinitésimaux du temps, et de la représentation par des aires des espaces finis parcourus par le mobile : cela, il le trouvait dans les indications de Descartes. La déformation que celui-ci faisait subir aux données, intervertissant la signification des abscisses et des ordonnées, n'altérait en rien la figure ni le rapport des aires, où Beeckmann trouvait la réponse à sa question. L'énoncé auquel aboutissait Descartes n'était pas le même que le sien, mais au premier abord, sans prendre le temps d'y réfléchir, on pouvait penser que les deux formules revenaient au même.

Ainsi, à lire attentivement le Journal de Beeckmann, il semble très probable que les rédactions différentes des deux amis traduisent exactement les pensées respectives de l'un et de l'autre.

Mais nous avons à cet égard une autre source d'informations dans les écrits ultérieurs de Descartes. Nous savons déjà par les *Cogitationes privatae* que, peu de jours après l'entretien avec Beeckmann où avait été traitée la question de la chute des corps, les mêmes confusions persistent dans son esprit (Ad. et T., t. X, p. 219). Peu de jours, ce n'est encore rien. Mais ouvrons la *Correspondance*... Dans une lettre à Mersenne du 8 octobre 1629, onze ans plus tard, par conséquent, répondant à une question sur le temps que met un pendule écarté de sa position d'équilibre pour y revenir, Descartes mesure l'espace circulaire décrit par la longueur de la corde, et dit : s'il faut un moment quand la corde est longue d'un pied, il faudra $\frac{4}{3}$ de moment pour la longueur 2 pieds, $\frac{16}{9}$ de moment pour 4 pieds, etc. On reconnaît la loi à laquelle avait abouti sa démonstration de 1618. Mersenne d'ailleurs a quelque peine à comprendre et insiste. La réponse de Descartes (13 novembre) reproduit exactement l'ancienne démonstration, sauf que d'une part il manie plus décidément les indivisibles, mais que d'autre part, par une inadvertance inexplicable, il substitue des parallèles verticales aux horizontales de la première figure, et rend ainsi les choses absolument incompréhensibles.

Un peu plus tard, pendant l'automne de 1631, comme Mersenne revient sur la question, Descartes revient encore sur ses anciennes conclusions, telles qu'il les avait énoncées plusieurs fois déjà. Mais il ne les croit plus exactes. Ce n'est pas seulement parce qu'elles supposaient toujours le vide, et cessaient d'être vraies dès qu'intervenait la résistance de l'air, ce qu'il a toujours pensé; mais c'est désormais le postulat de la constance de la force venant s'ajouter à chaque moment qu'il croit pouvoir rejeter. « Cela répugne, dit-il, apertement aux lois de la Nature; car toutes les puissances naturelles agissent plus ou moins, selon que le sujet est plus ou moins disposé à recevoir leur action, et il est certain qu'une pierre n'est pas également disposée à recevoir un nouveau mouvement ou une augmentation de vitesse, lorsque elle se meut déjà fort vite, et lorsque elle se meut fort lentement[1]. » Ainsi Descartes n'était pas resté longtemps attaché au principe fondamental d'où découlait la démonstration de 1618.

La lettre à Mersenne du 14 août 1634 vient jeter une dernière lumière sur la répugnance de Descartes à l'égard du fameux postulat, en même temps que sur ses dispositions anciennes, et en particulier sur la confusion qui s'était produite dans son esprit. Il s'agit de la lettre où il donne pour la première fois son appréciation sur les travaux de Galilée. Après avoir déclaré qu'il n'y a rien vu d'intéressant, il ajoute : « Je veux pourtant bien avouer que j'ai rencontré dans son livre quelques-unes de mes pensées, comme entre autres deux que je pense vous avoir autrefois écrites. La première est que les espaces par où passent les corps pesants, quand ils descendent, sont les uns aux autres comme les carrés du temps qu'ils emploient à descendre, *c'est-à-dire que, si une balle emploie trois moments à descendre depuis* A *jusqu'à* B, *elle n'en emploiera qu'un à descendre depuis* B *jusqu'à* C, *etc.* ce que je disais avec beaucoup de restrictions, car en effet il n'est jamais entièrement vrai comme il pense le démontrer[2]. »

1. Ad. et T., t. I, p. 230.
2. Ad. et T., t. I, p. 304. — C'est moi qui souligne.

N'est-on pas en droit de dire, après cette consultation, qu'il reste peu de doute sur le rôle des deux amis dans leur étude sur le problème de la chute des corps ? A Beeckmann revient l'honneur d'avoir posé nettement la question, et d'avoir énoncé les principes fondamentaux auxquels il ne restait plus qu'à appliquer la démonstration mathématique de Descartes. Que l'un et l'autre aient donné à leurs conclusions la forme que l'on sait, sans apercevoir la différence de leurs formules, cela n'a plus rien d'étonnant pour qui a lu les dernières réflexions de Descartes de 1634.

Cette enquête nous permet en outre de répondre plus exactement qu'on ne l'a fait jusqu'ici à cette question : pourquoi Descartes, après l'essai de 1618, n'a-t-il jamais songé à pousser plus loin l'étude du problème de la chute des corps ? Paul Tannery en voyait la raison dans le tempérament de Descartes, qui répugnait à ne pas prendre la réalité entière avec son indivisible complexité, qui en particulier se refusait à faire abstraction de la résistance de l'air et à accepter, par abstraction, l'hypothèse du vide, à la possibilité duquel il ne croyait pas [1].

Bordas Demoulin, dans son désir de toujours voir Descartes en avance sur les découvertes de ses successeurs, prétendait trouver chez lui cette affirmation, au sens où nous l'entendrions aujourd'hui, que la pesanteur d'un corps n'est pas constante sur la surface du globe (tome II, p. 339-340). L'explication est beaucoup plus simple. Descartes a accepté provisoirement de Beeckmann le principe de la permanence de la force qui, à chaque instant, donne une impulsion nouvelle ; il ne tarde pas à y renoncer, et dès lors s'écroulent les résultats de ses premières recherches.

Au point de vue de l'histoire de la pensée scientifique, comment enfin apprécier ce qu'il y a de si intéressant et, semble-t-il au moins, de si original dans la partie mathématique de la démonstration de 1618 ? Descartes, pour son premier coup d'essai, apportait-il brusquement de lui-même les méthodes impliquées dans cette simple représentation d'idées qu'a été son triangle ? Rien dans sa rédaction, pas plus que dans celle de Beeckmann, ne vient prouver que tout n'est pas sorti de son seul génie inventif...

Un mot de sa lettre à Beeckmann du 26 avril 1619 appelle pourtant notre attention : « Toi seul as secoué ma paresse et rappelé à ma mémoire mon érudition qui en était presque sortie [2]... »

Descartes se reconnaissait donc, avant les incitations de son ami, une certaine érudition. De quelles lectures était-elle faite ? Il est assez difficile de se prononcer exactement.

Quoi qu'il en soit, Cantor, l'auteur des *Vorlesungen* (II², p. 130), et M. Duhem (*Etudes sur Léonard de Vinci*, 3e série, ch. XXXI) nous ont appris que, déjà au milieu du xve siècle, Nicole Oresme utilisait, pour étudier la variation d'une qualité, un système de coordonnées rectangulaires, longitude et latitude. La figure triangulaire, quand il s'agissait d'une qualité uniformément variée, servait à mesurer la variation totale de l'intensité de la qualité ; et M. Duhem a montré comment cette tradition avait pu se continuer à travers l'école d'Oxford et celle de Paris jusqu'à Galilée lui-même qui, en fait, avait esquissé dès 1604 une démonstration semblable à celle de Descartes pour la chute des corps.

Jusqu'à Descartes lui-même la filiation échappe, mais il est tout de même du plus haut intérêt de constater que, quelle que soit la part d'invention de Descartes, à 22 ans, dans sa première production mathématique, il ne fait, sans s'en douter peut-être, que se rattacher à une tradition déjà très ancienne ; et, d'autre part, de même nous savons bien que Kepler dans sa *Stereometria* de 1615 maniait couramment les indivisibles.

II

Un second mémoire rédigé par Descartes vers la même époque (novembre ou décembre 1618) traite de la pression des liquides sur le fond des vases et de leur pesanteur. Le travail a l'aspect d'un traité complet présenté dans l'ordre qu'affectionnent les géomètres : quelques principes sont posés d'abord comme postulats ou définitions, puis les propositions sont énoncées et démontrées, l'argumentation prenant sans cesse la forme syllogistique.

Les principes d'abord ont de quoi appeler notre attention :

La pesanteur d'un corps est proprement la force qui l'entraîne verticalement de haut en bas dans le premier instant du mouvement. Un élément indispensable à l'appréciation de cette pesanteur est, dans le commencement imaginable du mouvement, la vitesse initiale. Ainsi, si un atome d'eau descend deux fois plus vite que deux atomes, il pèsera seul comme les deux réunis.

Descartes donne assez nettement l'impression qu'il voit le problème de la comparaison des pesanteurs à travers celui de l'équilibre des machines. D'une part, en effet, c'est le premier déclanchement instantané qui lui importe, et

1. *Rev. de Mét. et de Morale*, 1896, p. 478-488.
2. Ad. et T., t. X, p. 162.

d'autre part il va d'emblée à la considération du produit de la masse par la vitesse, se rangeant à la tradition aristotélicienne ; — tradition qu'il reniera plus tard quand il voudra donner la théorie définitive des machines, mais qui en somme se retrouvera toujours dans la notion fondamentale de sa Physique générale, je veux dire dans celle de la quantité de mouvement. Malgré les dénégations qu'il aurait pu trouver, à cet égard, dans la correspondance de Descartes, en particulier dans les critiques que celui-ci adresse à Galilée, Leibnitz voudra voir l'origine du principe de la quantité du mouvement dans l'étude de la condition d'équilibre des machines. Il ne sera pas sans intérêt, pour élucider le problème, que dès ses premiers tâtonnements Descartes se soit attaché en somme comme Galilée à la vieille formule aristotélicienne.

Quoi qu'il en soit, sur ces premières notions Descartes prétend établir les propositions suivantes :

Soient (fig. 2) les quatre vases A, B, C, D, de

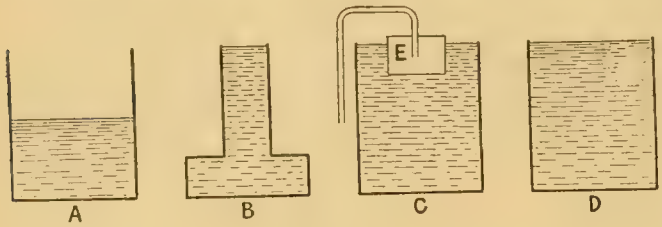


Fig. 2.

même hauteur, de même poids quand ils sont vides, et de même surface de fond. Supposons dans B, C, D autant d'eau qu'ils peuvent en contenir, et dans A la même quantité d'eau que dans B.

1° A avec son eau pèse comme B avec la sienne ;

2° La pesanteur de l'eau seule sur le fond de B est la même que celle de l'eau sur le fond de D, et plus grande que la pesanteur de l'eau sur le fond de A ; la même aussi que sur le fond de C ;

3° Le vase D avec l'eau ne pèse ni plus ni moins que C tout entier dans lequel plonge un corps solide E ;

4° Ce vase C tout entier pèse plus que B tout entier.

La première proposition est évidente. La seconde semble tout d'abord très remarquable à cette date, longtemps avant que Pascal énonce son fameux principe. M. Duhem, dans une étude sur ce principe, publiée en 1905 par la *Revue générale des Sciences*, a appelé l'attention sur la statique de Stevin qui le contenait explicitement, et où Pascal en a très vraisemblablement puisé l'énoncé. Stevin était Flamand ; nous aurions pu dire *a priori* que ses travaux étaient connus de Beeckmann et deviner que celui-ci avait au moins suggéré le principe à Descartes, mais les *Cogitationes privatae* nous apportent sur ce point une certitude. Elles nous disent, en effet, que Beeckmann a interrogé Descartes *e Stevino*, d'après Stevin. Le début de l'entretien est aisé à reconstituer : on imagine facilement Beeckmann tirant l'ouvrage de sa bibliothèque et demandant à Descartes, en lui désignant les passages relatifs à la pression des liquides sur le fond des vases : qu'en pensez-vous ? Rien de cela ne se laisse même entrevoir dans la rédaction du mémoire, où le principe en question semble découler des définitions et des postulats de Descartes par une curieuse démonstration, qui, si je la comprends bien, fait dépendre la pression d'une molécule de la surface sur une molécule du fond, de la distance verticale de leurs positions, qui par conséquent m'a tout l'air d'impliquer le principe même qu'il faut démontrer. Mais peu importe. Descartes oublie, en rédigeant son mémoire, que la proposition lui vient de Stevin tout simplement parce qu'il croit en avoir trouvé une démonstration. Ce n'est pas le fait de formuler une vérité qui compte pour lui : c'est le fait de la démontrer, de la comprendre, de l'expliquer ; bien des fois, je crois, on devra s'en souvenir dans l'examen de ses œuvres. Lui-même, d'ailleurs, n'a-t-il pas écrit dans ses notes intimes : Juvenis, oblatis ingeniosis inventis, quaerebam ipse per me possemne invenire, etiam non lecto auctore[1].

Je ne m'arrêterai pas à la suite étrange d'idées par lesquelles Descartes essaie de rendre évidente la troisième proposition qui nous heurte si vivement, pas plus qu'aux raisons pour lesquelles les choses se passent autrement (4e proposition) quand on compare C et B, au lieu de D et C ; tout ce qu'on devine à travers l'argumentation de Descartes, c'est que, se reportant à sa définition de la pesanteur, il croit que la vitesse initiale des molécules de la surface, le fond étant brusquement enlevé, ne serait pas la même dans C et B, tandis qu'elle le serait dans D et C.

Les dernières lignes de Descartes nous suggèrent enfin une remarque qui peut servir à l'étude de son caractère. La question à laquelle répond ce traité a été posée la veille par Beeckmann. Descartes, qui donnera tant de preuves de son amour pour la méditation lente, pour le travail entrecoupé de flânerie, a trouvé le moyen de rédiger son mémoire de forme si parfaite en moins de 24 heures. La raison ? il

1. Ad. et T., t. X, p. 214.

nous la dit lui-même : Il n'était pas satisfait des réponses qu'il avait faites la veille; son amour-propre en souffrait, il avait hâte de donner à son ami une meilleure opinion de lui-même... C'est ainsi que plus tard nous le verrons également manquer à ses plus chères habitudes pour résoudre en hâte les questions posées par Mersenne toutes les fois que son amour-propre sera en jeu...

III

Je dirai peu de choses du Traité de Musique, *Compendium musicae*, rédigé par Descartes et offert à son ami Beeckmann au commencement de janvier 1619. Nous retrouvons ici dès le début une série de principes, sur lesquels s'appuieront toutes les démonstrations; ils résument les conditions auxquelles doivent satisfaire les objets des sens pour être perçus avec plaisir : Pas de disproportion entre l'objet et le sens lui-même; l'objet doit tomber sous le sens facilement et sans confusion; la facilité de la perception est liée à une faible différence des parties ou, ce qui revient au même, à la proportion des parties ; il faut de la variété, etc... Descartes procède ensuite *a priori* pour la division de la corde vibrante en 2, 3, 5, parties égales, formant avec ces parties des fractions $\frac{1}{2}, \frac{2}{3}, \frac{3}{4}, \ldots$, parmi lesquelles il choisit celles qui correspondent à des consonances.

Puis il étudie successivement les questions qui se trouvent dans tous les traités classiques. Il est infiniment probable qu'il emprunte le fond de son travail à Zarlino, qu'il cite d'ailleurs, mais en arrangeant à sa manière, et surtout en substituant ses raisons aux siennes. Il dit à propos des cadences : Zarlino les énumère abondamment, et explique dans ses tables quelles consonances peuvent être posées après une autre quelconque — « quorum omnium rationes nonnullas affert ; sed plures opinor, et magis plausibiles ex nostris fundamentis possunt deduci [1] ».

Et certainement tout ce qu'il énonce devient sa propriété, devenant intelligible à ses yeux par ses propres déductions. — A la fin du traité, Descartes insiste modestement sur l'imperfection de son œuvre ; mais pourtant plus tard, quand il croira que Beeckmann a pu s'en dire lui-même l'auteur, il se fâchera tout rouge, et il faudra que tout malentendu sur ce point soit dissipé pour que leur amitié renaisse sans nuage.

1. Ad. et T., t. X, p. 134.

IV

Reste à étudier les essais proprement mathématiques de l'hiver 1618-1619. Cette fois, nous n'avons pas de traité complet rédigé par Descartes, mais seulement ses lettres à Beeckmann et quelques passages des *Cogitationes* consacrés à ses recherches mathématiques.

Le 26 mars 1619, il annonce à son ami, comme les ayant trouvées en six jours, quatre démonstrations nouvelles et remarquables, pour lesquelles il utilise ses compas. Il s'agit, dit-il, du fameux problème de la division d'un angle en trois parties égales, ou même en un nombre quelconque de parties égales; puis de trois types d'équations cubiques, chacun avec toutes les variétés de signes qu'il comporte, c'est-à-dire en tout de treize cas distincts, comme, ajoute-t-il, il y a trois cas distincts pour les équations communes (entendons les équations du second degré), à savoir :

entre z et $O\chi + ON$,
entre z et $O\chi - ON$,
entre z et $ON - O\chi$.

Remarquons que Descartes emploie ici les notations « cossiques » [1], telles qu'elles étaient en usage surtout chez les mathématiciens allemands du XVIe siècle et du commencement du XVIIe. Il est vraisemblable, comme l'a observé M. Eneström dans ses notes de la grande édition, que Descartes les avait puisées dans les ouvrages du Jésuite Clavius, qui devaient faire partie de la bibliothèque du Collège des Jésuites de La Flèche. C'est un système de notations où, comme chez Diophante, un caractère spécial désigne chacune des trois premières puissances de l'inconnue ou de la racine. N est la racine elle-même, la chose, *Cosa*, en italien; z en désigne le carré; Π le cube, zz la 4e puissance, etc... La lettre O introduite ici par Descartes désigne un coefficient quelconque.

En suivant le texte de Descartes (que j'ai abrégé ci-dessus) et en employant nos notations, on voit sans peine que les treize cas distingués par lui sont donnés par le tableau suivant :

$$x^3 = \pm px \pm q,$$
$$x^3 = \pm px^2 \pm q,$$
$$x^3 = \pm px^2 \pm qx \pm r,$$

d'où il faut retrancher les trois types obtenus avec tous signes — dans le second membre; car Descartes ne manie, à ce moment du moins, que des quantités essentiellement positives.

1. En place des caractères représentés ici par z, χ et Π, Descartes se sert de signes un peu différents, mais qui ne sont plus usités aujourd'hui en typographie.

Quant aux démonstrations auxquelles il fait allusion, les notes intimes ou *Cogitationes privatae* nous permettent de les connaître.

Un angle est aisément divisé en trois parties égales par un compas à 4 branches construit de telle manière que les 3 angles formés par elles restent toujours égaux, quelle que soit l'ouverture qu'on donne aux branches extrêmes. Il suffit pour cela que les quatre longueurs $a\,b$, $a\,c$, $a\,d$, $a\,g$ étant égales et les tiges $b\,c$, $c\,d$, $e\,f$, $f\,g$, pouvant tourner autour des points b, d, e, g, et se coupant deux à deux sur les branches internes

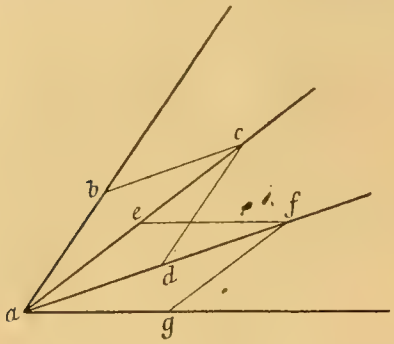


Fig. 3.

du compas, soient aussi égales aux premières longueurs (fig. 3). — La figure formée par les deux losanges montre immédiatement l'égalité permanente des trois angles. De sorte qu'on n'aura qu'à faire coïncider l'angle $b\,a\,g$ avec un angle donné pour résoudre le problème de la trisection de l'angle. Un compas analogue, mais naturellement plus compliqué, servirait à la division d'un angle en un nombre quelconque de parties égales.

Un autre compas sert à la résolution des équations cubiques; c'est celui même qui sera décrit

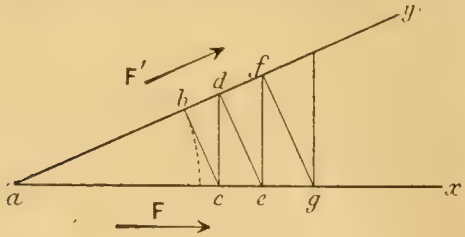


Fig. 4.

plus tard au début du livre II de la Géométrie. Soit (fig. 4) l'angle formé par les deux branches $a\,x$, $a\,y$. Au point b de $a\,y$ est fixée perpendiculairement à ce côté une règle qui vient rencontrer le petit côté au point variable c.

Quand on ouvre le compas, le joint c se déplace dans le sens de la flèche F et pousse une règle $c\,d$ perpendiculaire à $a\,x$.

En même temps, celle-ci déplace, dans le sens de la flèche F', une règle $d\,e$, perpendiculaire à $a\,y$, laquelle déplace dans le sens de la flèche F une règle $e\,f$ perpendiculaire à $a\,x$, et ainsi de suite.

Quoique rien ne l'indique dans la lettre du 26 mars, on ne peut douter que ce compas avait déjà servi à résoudre le problème de l'insertion de deux moyennes proportionnelles et même de n moyennes proportionnelles entre deux longueurs données; Descartes le dira plus tard dans sa Géométrie. Mais la solution est si évidente que la pensée de ce problème avait été certainement liée dans son esprit à l'invention du compas. Il saute aux yeux en effet que l'on a

$$\frac{ab}{ac} = \frac{ac}{ad} = \frac{ad}{ae} = \frac{ae}{af} = \ldots$$

S'il s'agit de trouver deux moyennes proportionnelles entre deux longueurs A et B, on ouvrira le compas de telle manière que ae représente B à l'échelle où ab représente A.

Quant à la résolution des équations cubiques, il est difficile de se reconnaître exactement dans les *Cogitationes privatae*, à moins d'admettre assez souvent des erreurs et des traces d'inexpérience qui surprennent, mais qu'il faut très probablement accepter. Il n'y a en somme de vraiment clair que le cas où l'équation est de la forme $x^3 = x + N$. Descartes, en prenant ab pour unité, et $a\,e$ pour la racine x, remarque que $a\,e = x^3$, ce qui est très facile à établir, et que dès lors il suffit d'ouvrir le compas jusqu'à ce que $c\,e$ soit égal à N, pour que $a\,c$ soit la valeur cherchée de l'inconnue. Mais déjà s'il s'agit du cas plus général $x^3 = p\,x + N$, Descartes semble dire qu'en divisant tout par p on peut d'abord résoudre $x^3 = x + N'$, puis multiplier $x + N'$ par p ??

Pour le type d'équation $x^3 = p\,x^2 + N$, même erreur dans l'affirmation qu'on peut se ramener au cas $x^3 = x^2 + N'$. En outre, ici il faut renoncer à trouver dans les indications des *Cogitationes* la solution du cas particulier. Et enfin, lorsqu'il s'agit du cas le plus général, c'est-à-dire de l'équation complète, Descartes fait une série de calculs revenant au fond, comme l'a montré M. Eneström, à la transformation $x = y \pm 1$ effectuée sur une équation où le coefficient de x^2 a été d'abord ramené à être ± 3, pour aboutir à la disparition du terme en x^2. Il se ramène ainsi au type $x^3 = p\,x + N$, c'est-à-dire pour lui à cet autre $x^3 = x + N$ déjà résolu.

En dehors de ces types généraux d'équations cubiques se trouve dans ses notes l'exemple particulier :

$$x^3 = 6\,x^2 - 6x + 56$$

ou
$$\frac{1}{2}x^3 = 3x^2 - 3x + 28.$$
Il écrit :
$$x^3 = 3x^2 - 3x + 28$$
ou
$$(x-1)^3 = 28 - 1$$
ou
$$x = \sqrt[3]{28-1} + 1,$$
ce qui est très bien,
et enfin
$$\frac{1}{2}x^3 = \left(\sqrt[3]{28-1} + 1\right)^3$$
ce qui est incompréhensible[1].

Si on laisse de côté ce qui dans ces essais est manifestement inexact, nous pouvons en dégager les remarques suivantes :

En Algèbre, Descartes se rattache plutôt à la tradition cossique. Il n'a probablement encore lu ni Viète ni Cardan. Un point appelle pourtant l'attention : pour résoudre l'équation cubique la plus générale, il cherche (peu importe la complication ou l'inexpérience dont témoigne son procédé) à faire disparaître le terme du second degré. Or c'était là, peut-être sans le savoir, suivre les traces de Viète et de Cardan.

Mais ce qui frappe le plus dans ces recherches, c'est à quel point Descartes s'éloigne des méthodes algébriques qui aboutissent à des formules numériquement calculables.

A part l'exemple particulier cité plus haut, qui se trouve comme perdu au milieu de recherches d'un tout autre caractère, Descartes veut trouver pour l'inconnue non pas un nombre calculable à l'aide d'une formule, mais une longueur. S'il s'agissait d'équations du second degré, on devine qu'il saurait la résoudre par des constructions où n'interviendraient que la règle et le compas. Dès qu'on dépasse le second degré, ces instruments simples ne suffisent plus. Qu'à cela ne tienne : on aura recours à d'autres instruments, à de nouveaux compas; les nouvelles lignes qu'ils permettront de décrire serviront à résoudre les nouveaux problèmes. Et, de fait, on le voit déjà dans les *Cogitationes privatae*, Descartes parle des lignes qui décrivent les points *d*, *f*..., de son compas[2], — lignes moins simples que le cercle, mais qu'il n'y a, dit-il, aucune raison de rejeter hors de la Géométrie, sous prétexte qu'elles ne sont pas fournies par le compas ordinaire. Quelques pages avant (232-3), Descartes avait déjà décrit des compas permettant de décrire une ellipse, comme intersection d'un plan et d'une surface de révolution conique ou cylindrique...

1. Pour tout ce qui précède relativement aux équations cubiques, voir Ad. et T., t. X, p. 234-246.
2. *Idem*, p. 235.

La suite de la lettre à Beeckmann du 26 mars est à cet égard assez significative. Après une allusion à une étude de certains radicaux composés, qui n'est qu'à l'état de projet, et dont il paraît difficile de préciser la nature, Descartes confie à son ami sa conception d'une science qui lui tient surtout à cœur, et si grandiose qu'elle épuiserait en somme l'objet intégral de la Géométrie (adeo ut pene nihil in geometria supersit inveniendum). Cette science, qui constitue « une œuvre infinie, qui ne saurait être l'œuvre d'un seul, œuvre incroyablement ambitieuse, mais où il a le sentiment d'avoir aperçu, à travers un chaos obscur, il ne sait quelle lueur qui lui permettra de dissiper les ténèbres les plus épaisses », cette science quelle est-elle donc ? quel en est l'objet ?... C'est une sorte de classification complète de toutes les questions relatives à la quantité, selon leur nature, leur solution devant chaque fois y être adoptée. « Comme en Arithmétique certains problèmes se résolvent par des nombres rationnels, d'autres par des nombres irrationnels, et d'autres enfin qu'on peut seulement imaginer échappent à toute solution, de même dans le domaine de la quantité continue, Descartes espère le prouver, certains problèmes peuvent se résoudre avec la droite et la circonférence, d'autres ne le peuvent qu'à l'aide d'autres lignes courbes issues d'un mouvement unique, et décrites avec des compas nouveaux, qu'il pense n'être ni moins précis ni moins géométriques que le compas ordinaire ; et d'autres enfin ne peuvent se résoudre qu'à l'aide de courbes issues de deux mouvements indépendants, et qui ne sauraient exister qu'en imagination, comme la quadratrice bien connue[1]. » Descartes croit pouvoir faire rentrer dans ces trois catégories toutes les questions imaginables et espère montrer quelles sont celles qui correspondent à chaque groupe.

Voici donc posé d'emblée, dès le mois de mars 1619, le problème qui se trouvera complètement traité en 1637 de la classification des lignes apportant la solution de toutes les questions relatives à la quantité continue, c'est-à-dire, d'après le texte de Descartes, de toutes les questions qui constitueront à ses yeux la Géométrie. Quand on se demandera ce qu'a voulu être au juste la Géométrie de Descartes, il faudra se rappeler que dès sa jeunesse, et avant l'énonciation de sa Méthode, elle était simplement l'ensemble des problèmes concernant la quantité continue. Et quant aux moyens par lesquels doit procéder cette sorte d'Algèbre du continu, on se rappellera

1. *Idem*, p. 157.

que dès le mois de mars 1619 ils consistaient exclusivement en lignes décrites par des compas appropriés, dont une pointe trace toujours dans le plan un lieu géométrique proprement dit, pourvu que la définition quantitative des points du lieu ne fasse intervenir qu'un seul mouvement.

Ainsi Descartes, au moment où allait s'accomplir sa vingt-troisième année, avant la méditation qui, dans le fameux poêle, devait aboutir à la confection de sa Méthode, annonçait dans ses traits essentiels ce que devait être l'objet principal de sa Géométrie. Les différences porteront plus tard sur deux points : l'attention de Descartes sera plus attirée sur le caractère particulier des coniques, et sur la catégorie qu'elles forment entre la circonférence et les autres lignes géométriques, — et d'autre part s'introduira, comme clé naturelle de la classification des courbes, la notion de leur degré. Mais déjà, en tout cas, avec la première vision plus ou moins lointaine de sa solution future, s'exprime naïvement sa tendance à voir grand, à rêver d'œuvre complète, totale ; à chercher des solutions exhaustives, à concevoir ses travaux comme devant réaliser la science intégrale et définitive...

Abstraction faite de cette teinte ambitieuse qui colorera toutes ses idées et sera un des traits permanents de son caractère, à qui donc, pour le fond même de ses pensées, se rattachait ainsi Descartes ? N'en doutons pas, c'est aux Grecs, — ou plus précisément aux traditions de la Géométrie classique de la grande époque, et qu'il faut soigneusement distinguer, d'une part de certaines tendances des Pythagoriciens, d'autre part et surtout de la tradition représentée par Diophante. Au père Ciermans qui, avec une politesse exagérée, voudra voir plus tard dans sa Géométrie la Mathématique elle-même, la Mathématique totale, Descartes répondra[1], en relevant l'exagération, qu'on ne saurait trouver dans son livre aucune de ces questions traitant de l'ordre et de la mesure (c'est-à-dire qui sont des questions mathématiques) dont Diophante nous offre l'exemple. — Et comment enfin connaît-il cette Géométrie grecque de l'école classique ? En 1588 a paru la traduction par Commandin de la collection Pappus, qui, sous une forme un peu désordonnée, faisait connaître une foule de problèmes traités par les Anciens, et donnait les solutions souvent nombreuses de telle ou telle question : trisection de l'angle, construction de deux moyennes proportionnelles, etc. — On y trouvait la description de compas utilisés par tels ou tels géomètres, des lignes auxiliaires qu'ils étaient amenés à tracer, comme la conchoïde de Nicomède, etc. — Descartes a lu Pappus, dont il citera le nom dans les *Regulae* (IVe règle), à côté de celui de Diophante, comme personnifiant sans doute, par le contenu de sa collection historique, l'autre tendance de la Mathématique, celle à laquelle il se rattache[1].

Il est à peine nécessaire de rappeler comment s'opposent ces deux tendances. L'Algèbre, selon la tradition de Diophante, est une sorte de prolongement de l'Arithmétique ; les solutions des équations sont des valeurs numériquement calculables à l'aide de formules. Dans l'autre tradition, ce sont des longueurs qu'il faut construire. Ainsi les racines de l'équation du second degré peuvent d'un côté se calculer par une suite d'opérations qui aboutissent d'ailleurs à des résultats approchés. Chez les Grecs, bien qu'ils fussent assurément capables d'effectuer ces suites de calculs, le problème se résolvait par la construction de deux longueurs dont on connaît la somme ou la différence et le produit. En particulier, la racine de l'équation $X^2 = 2a^2$, que résout le problème de la duplication du carré, s'obtient si l'on veut par la suite des calculs fournissant la racine carrée de 2 avec telle approximation qu'on voudra ; — mais elle se représente aussi, comme Platon le montre dans le Menon, par la diagonale du carré dont le côté est a. Et de même pour les équations cubiques. Les grands géomètres grecs n'auraient certainement pas été embarrassés pour calculer avec telle approximation souhaitée la racine de l'équation $X^3 = 2a^3$. Mais, quand s'est posé à son tour le fameux problème de la duplication du cube, ils ont tous préféré construire la longueur qui devait être le côté du nouveau cube. Ramenant la question à l'insertion de deux moyennes proportionnelles entre a et $2a$, et renonçant forcément à la résoudre à l'aide de la droite et du cercle, ils construisaient de nouvelles lignes plus ou moins compliquées devant servir à déterminer les longueurs cherchées. Et ainsi de suite... Cette science de la quantité continue, qui n'est autre chose en somme que le Τόπος ἀναλυόμενος dont parle Pappus, ou plus simplement, comme nous disons, et comme disait déjà Descartes, l'Analyse des anciens, est bien celle à laquelle se rattache déjà en 1619 et se rattachera toujours Descartes. Seulement elle implique un langage, des notations, et des transformations quantitatives qu'il simplifiera bientôt, rendant cette analyse infiniment plus aisée à manier. Car nous voici arrivés presque au moment où Descartes, de retour d'un voyage à Francfort, va choisir ses quartiers d'hiver à Ulm, ou tout près d'Ulm, et prendre la grave décision de chercher désormais en lui-même les fondements sur lesquels il va tenter de rebâtir l'édifice entier de la Science humaine.

G. Milhaud,
Professeur à la Sorbonne.

1. *Idem*, t. II, p. 70.

1. Il avait certainement lu aussi, nous l'avons déjà dit, les ouvrages de Clavius. Or la deuxième grande édition de ceux-ci, datant de 1611, donnait les principaux exemples de l'Analyse des Grecs.

LA BIOPHOTOGENÈSE
OU PRODUCTION DE LA LUMIÈRE PAR LES ÊTRES VIVANTS

Les êtres lumineux se rencontrent à presque tous les degrés de l'échelle des organismes vivants, depuis l'infime microbe jusqu'au vertébré. Ils vivent dans les milieux les plus divers, sur tous les points du globe et jusqu'au fond des abîmes de la mer.

Depuis la plus haute antiquité, ce merveilleux phénomène naturel a bien souvent excité la verve des poètes et beaucoup plus encore la curiosité d'innombrables savants, et non des moindres. La bibliographie concernant cette question est énorme : à elle seule, elle exigerait un fort volume. Déjà en 1835, Ehrenberg ne cite pas moins de 436 auteurs, qui se sont occupés des animaux lumineux de la mer exclusivement, et, en 1887, Henri Gadeau de Kerville mentionne 336 travaux connus de chercheurs qui se sont intéressés aux Insectes lumineux seulement. Par ces deux exemples, on peut juger du nombre considérable de recherches se rattachant à l'étude de la *biophotogenèse*, qui constitue un des chapitres les plus intéressants de la Physiologie générale, c'est-à-dire des phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. Sa place est marquée à côté de la bioélectrogenèse ou production de l'électricité, et de la biothermogenèse ou production de la chaleur par les êtres vivants.

Le nombre des hypothèses proposées pour expliquer le secret de ce merveilleux phénomène est également considérable, et, pris dans leur ensemble, travaux et hypothèses témoignent, à la fois, non seulement de l'intérêt que les savants ont attaché de tout temps à la solution de ce problème, mais, en outre, de son excessive difficulté. Pour certains naturalistes, elle paraissait si ardue, si insurmontable et tellement hors de portée de la sagacité du commun des savants que le professeur Joubin, du Muséum, affirma dans le discours qu'il prononça en 1911, à l'occasion de l'inauguration solennelle du Musée océanographique de Monaco, qu'il faudrait un autre Becquerel pour déchiffrer cette énigme. Or, le problème avait été résolu de la façon la plus complète, ainsi que j'ai pu le démontrer publiquement au cours du Congrès international de Zoologie, qui suivit cette inauguration, et dans les locaux mêmes de l'Institut océanographique, que son aimable et savant directeur M. Richard avait bien voulu mettre à ma disposition, et en présence de ce savant lui-même. Cette démonstration a été faite non pas seulement par des explications verbales, mais par des expériences concluantes, auxquelles il n'a été opposé aucune objection. Elles ont d'ailleurs été répétées en présence de plusieurs sommités scientifiques de l'Institut et, en particulier, de notre éminent chimiste biologiste, le professeur Armand Gautier, dont la haute compétence, sur ce terrain surtout, ne peut être contestée. Enfin, nos expériences ont été, toujours avec le même succès, multipliées devant un grand nombre de Sociétés scientifiques françaises et étrangères, par exemple au Congrès international de Physiologie de Groningue, et dans des conférences publiques, devant une nombreuse assistance, particulièrement au Congrès des Associations française et anglaise pour l'Avancement des Sciences réunies au Havre, en août 1914.

Pour remédier au grave inconvénient des études partielles, qui ont souvent abouti à des conclusions erronées, et aussi en raison du vœu exprimé par la Commission de l'Académie des Sciences qui, en 1887, honora du Grand Prix des Sciences physiques mon ouvrage sur les Elatérides lumineux [1], j'ai entrepris une étude générale de la biophotogenèse dans toute la série animale et végétale ; je ne puis donner dans cet article que le résumé de la question traitée en détail autre part [2].

I. — LA FONCTION BIOPHOTOGÉNIQUE DANS LA SÉRIE VÉGÉTALE ET ANIMALE

Dans le règne végétal, la biophotogenèse n'a été observée avec certitude que chez les organismes achlorophylliens et seulement chez les deux groupes des Hyphomycètes et des Photobactéries. Ces dernières sont très polymorphes et très « polybies ». On en a signalé une trentaine d'espèces appartenant à cinq ou six genres, d'après les botanistes, mais, en raison de leur polymorphisme et de leur « polybiose », toute classification rationnelle est impossible, et

1. *Thèses de la Faculté des Sciences de Paris* et *Bull. de la Soc. zool. de France*, 1886.

2. Voir *La Vie et la Lumière*, 1 vol. de *la Bibliothèque internationale*, 338 pages, 48 figures, chez Félix Alcan, Paris. 1914 ; et *Mécanisme intime de la production de la lumière chez les organismes vivants. — Examen critique de la question de la biophotogenèse. — De la place de la biophotogenèse, in Ann. de la Soc. linn. de Lyon*, chez Rey, édit., Lyon, 1913 et 1914. — *Grand Dictionnaire de Physiologie*, de Richet : art. *Lumière (production et action de la)* sous presse.

peut-être, provisoirement, pourrait-on les faire rentrer toutes dans le genre *Photobacterium* et dans l'espèce *Photobacterium sarcophilum* Dubois, qui peut se présenter sous des formes très variées mobiles et ciliées, aussi bien que sous des formes immobiles non ciliées. Les photobactéries peuvent être lumineuses ou non, suivant les conditions de milieu, ce qui prouve que la fonction photogénique n'est pas indispensable au fonctionnement vital de ces organismes. Cette propriété même ne peut donc pas servir de base à une classification rigoureusement exacte. Chez les végétaux lumineux, la fonction photogénique, bien qu'étant dans une dépendance assez étroite de celle de la respiration, ne se confond pas avec elle. Elle n'est pas localisée dans des organes spéciaux. Chez ces organismes, les substances photogènes se détruisent au fur et à mesure de leur production, contrairement à ce qui se passe pour d'autres, parce que leur lumière, étant continue, ne permet pas l'accumulation de produits photogènes pendant des périodes de repos. C'est ce qui explique l'insuccès de certains expérimentateurs, entre autres de James Dewar, dans leurs tentatives d'extraction.

Dans les Champignons photogènes plus élevés, à peu près toutes les parties, mais surtout le chapeau, peuvent briller d'une lumière continue, parfois fort brillante. Le mycélium de plusieurs espèces est lumineux et rend souvent les vieux bois phosphorescents.

Chez les *Protozoaires*, la fonction photogénique n'est pas localisée dans des parties nettement délimitées : elle n'est pas non plus absolument diffuse, en ce sens qu'elle se manifeste sous forme d'étincelles isolées correspondant à des granulations caractéristiques que l'on retrouve dans tous les organes photogènes des Métazoaires. L'irritabilité, qui semble n'avoir que peu ou pas d'importance chez les végétaux photogènes, en acquiert une très grande chez les Protozoaires, qui répondent aux excitations par une émission de radiations lumineuses. La fonction photogénique est affaiblie par la fatigue, quelle que soit sa cause : toutefois, la production de la lumière survit à l'irritabilité, et même à la vie somatique de l'individu.

Ces petits organismes microscopiques produisent parfois des quantités énormes de lumière, par exemple dans la *phosphorescence de la mer*, dont ils sont la cause la plus ordinaire. En ce qui concerne les *Cœlentérés*, l'irritabilité continue à jouer un grand rôle dans la réponse lumineuse à une excitation, mais le phénomène photogène peut se montrer là où l'irritabilité n'existe plus ; il tend à se localiser, par exemple, dans le mucus lumineux des cellules de l'épiderme plus ou moins différenciées en éléments sécréteurs et aussi dans les organes fonctionnant comme des glandes génitales chez les Cœlentérés adultes. La fonction photogénique existe déjà dans l'œuf et dans la larve. Le siège de la réaction lumineuse ultime, fondamentale, peut être facilement localisé dans des granulations auxquelles j'ai donné le nom de *vacuolides*[1] et que l'on fait apparaître facilement dans certaines circonstances. Par leur désagrégation, les Cœlentérés produisent parfois la *phosphorescence de la mer*.

Chez les *Vers*, comme chez les *Echinodermes*, le fonctionnement photogénique affecte le caractère d'une sécrétion glandulaire externe. La biophotogenèse existe de très bonne heure chez les larves et probablement déjà dans l'œuf.

Les *Crustacés* présentent deux sortes d'organes lumineux : 1° des photosphères composées d'une glande photogène à sécrétion interne, en rapport avec de larges sinus sanguins et pourvues d'appareils accessoires et de perfectionnement, tels que réflecteurs et lentilles ; 2° des glandes photogènes à sécrétion externe, avec ou sans réservoirs et conduit excréteur, entourées de sinus sanguins avec lesquelles elles sont dans un rapport étroit. Le rôle des muscles dans l'irrigation des sinus sanguins se dessine également et permet de comprendre déjà l'action *indirecte* du système nerveux sur le fonctionnement des organes photogènes.

Chez les *Thysanoures* et chez les *Myriapodes*, la fonction photogénique est localisée dans des organes glandulaires à sécrétion externe. Le produit excrété peut être éteint par dessiccation, et, longtemps après, la lumière peut être ranimée par l'addition d'un peu d'eau. Au sein du mucus sécrété lumineux prennent naissance des cristaux, dont il sera question à propos du mécanisme intime de la fonction photogénique.

La fonction photogénique chez les *Insectes* se montre déjà dans l'œuf, même avant la fécondation. Plus tard, elle se localise dans les cellules ectodermiques du blastoderme. L'intervention des trachées n'est donc pas nécessaire à son existence, comme l'avaient soutenu à tort de nombreux savants. Elle est le flambeau ancestral, qui passe, sans jamais s'éteindre un instant, de l'œuf à la larve, à la nymphe, à l'insecte parfait, et de ce dernier à l'œuf, et ainsi de suite pendant de nombreux siècles.

1. *La Vie et la Lumière*, *loc. cit.*, v. Introduction, p. 5 et suivantes.

Chez l'insecte adulte, les organes photogènes sont des glandes à sécrétion interne typiques. La lumière est faible ou nulle quand le sang n'arrive pas en contact avec les éléments glandulaires : elle apparaît, au contraire, et prend un vif éclat quand il se précipite dans les tissus de la glande interne. Cet apport du sang est réglé par les muscles. Ceux-ci, à leur tour, obéissent aux nerfs moteurs et ces derniers, par l'intermédiaire des ganglions, concourent aux actes réflexes, dont le point de départ est dans les nerfs sensitifs, ou dans leurs terminaisons sensorielles.

Les muscles intrinsèques et extrinsèques des appareils photogènes sont striés et peuvent aussi obéir directement aux centres nerveux de la volonté.

Comme ailleurs, mais avec plus d'activité peut-être, ils assurent dans les appareils photogènes l'oxygénation par le sang, dont ils règlent la pénétration et la circulation dans les sinus glandulaires. La ventilation trachéenne peut être suspendue au moment même où apparaît la lumière dans les organes lumineux. L'action du sang est donc primordiale et prépondérante.

La réaction photogène est ainsi localisée dans les cellules de l'organe, qui sont manifestement en voie de désagrégation sécrétoire, de fonte glandulaire. Elles sont bourrées de ces granulations que l'on rencontre dans tous les organes lumineux et qui sont des *vacuolides*, granulations élémentaires de toute substance vivante, que l'on a appelées en Allemagne *mitochondries*, alors que le mot de *vacuolide*, que je leur avais donné en 1886, au moment où je les ai découvertes, indique bien plus nettement leur structure morphologique, laquelle m'a permis depuis bien des années de démontrer leur analogie et leur homologie avec les leucites végétaux [1], conclusion qui a été confirmée depuis par les travaux de Pensa, Lewitsky, Fauré-Frémiet, Mulon, etc., et de deux de mes élèves de Lyon : MM. Guilliermond et Regaud, entre autres. Ces vacuolides renferment le principe photogène, la *luciférine*, (v. p. 515).

On peut écraser complètement les cellules de l'organe photogène, détruire exactement toute organisation cellulaire, sans arrêter la production de la lumière. La substance écrasée, délayée dans l'eau, laisse passer au travers des filtres de papier un liquide lumineux.

Cette substance des organes lumineux, desséchée rapidement, s'éteint, mais on peut la rallumer en l'humectant d'eau. Des organes éteints par la chaleur, à 60° environ, puis écrasés, ne donnent plus de lumière, même au contact de l'eau et de l'air, mais ils sont rallumés quand on les broye avec des organes éteints à froid par trituration prolongée.

Le phénomène lumineux n'est pas d'ordre cellulaire : il naît par une double réaction d'ordre zymasique, fait que j'avais établi par mes expériences sur les Pyrophores des Antilles dès 1885. L'éclat de la lumière est modifié et renforcé dans leurs appareils lumineux par des substances fluorescentes qui transforment des radiations obscures inutiles ou nuisibles en radiations éclairantes *(luciférescéines)*.

On rencontre chez les *Mollusques*, et même dans la seule classe des *Céphalopodes*, deux types d'organes photogènes : 1° des appareils glandulaires à sécrétion interne identiques à ceux qui apparaissent pour la première fois chez les Insectes; 2° des éléments photogènes à sécrétion externe. Ce dernier type donne chez la Pholade dactyle une abondante sécrétion de mucus lumineux, et c'est cette circonstance exceptionnelle qui m'a permis de résoudre complètement et définitivement le problème de la réaction intime qui donne naissance à la lumière physiologique.

Dans l'embranchement des *Tuniciers*, on voit encore l'immortel flambeau ancestral se transmettre de l'adulte à l'œuf, de l'œuf à la larve et de celle-ci à l'adulte, et toujours ainsi, sans jamais s'éteindre, comme le feu des Vestales.

La lumière, chez les Tuniciers, est aussi toujours fournie par des éléments ectodermiques, par des glandes entourées de grands sinus sanguins; dans ces éléments, Julien a trouvé des granulations qu'il considère comme des mitochondries et qui ne sont autres que mes anciennes vacuolides, ce qui prouve une fois de plus leur identité et mon antériorité dans la découverte de la véritable structure du protoplasme ou plus exactement du *bioprotéon* [1]. Quant à la substance photogène, elle se conduit chez les Tuniciers comme partout ailleurs.

On trouve chez les *Poissons*, c'est-à-dire chez les organismes photogènes les plus différenciés, pour ainsi dire la répétition générale de tout ce qui a été vu dans les degrés plus inférieurs de l'échelle des êtres vivants. C'est surtout dans cet embranchement que l'on peut suivre pas à pas l'évolution de l'organe photogène, depuis la simple cellule

1. V. *Leçons de Physiologie générale et comparée*, chez Masson, Paris, 1898 (pp. 70 et 78).

1. J'ai substitué cette expression au mot « protoplasme », qui a un sens ambigu, et parce qu'elle se rattache à ma théorie uniciste du *Protéon*, principe unique représentant, en dernière analyse, la force et la matière, qui n'en sont que deux aspects différents.

épidermique, nue, superficielle, jusqu'à ces curieux appareils oculiformes que sont les photosphères les plus compliquées, avec leurs organes de concentration, de réflexion, leurs diaphragmes, leurs écrans d'adaptation et d'accommodation, et même leurs appareils d'orientation. C'est dans l'étude des Poissons lumineux que se trouve la confirmation la plus éclatante de l'unité des procédés fondamentaux des mécanismes biologiques intimes qui nous sont révélés par la physiologie générale, mais dont la simplicité nous est le plus souvent masquée par des complications accessoires de perfectionnement ou d'adaptation que la physiologie comparée seule nous permet de discerner.

Quant à l'existence de la biophotogenèse normale ou physiologique signalée chez des Vertébrés plus élevés que les Poissons, elle a besoin d'être prouvée par de nouvelles observations. Il serait désirable également que la biophotogenèse pathologique fût l'objet d'une étude spéciale. Il se peut que des sécrétions glandulaires, telles que celles du lait, de la sueur, de l'urine fournissent parfois des liquides lumineux, en dehors de toute infection parasitaire; mais, dans la grande majorité des cas observés sur des blessés, des moribonds, des cadavres, il semble bien certain que l'on se soit trouvé en présence de phénomènes accidentels provoqués par des photobactéries parasites. *En résumé, ce qu'il importe, dès à présent, de retenir, c'est que la fonction biophotogénique physiologique est partout réductible à un processus de sécrétion glandulaire fournissant des produits photogènes.*

II. — Propriétés physiques de la lumière physiologique

La lumière physiologique est surtout constituée par des rayons de longueur d'onde moyenne, c'est-à-dire par les plus éclairants du spectre solaire. L'examen optique direct prouve que cette lumière présente pour la vision une supériorité incontestable sur la lumière fournie par tous les autres foyers connus. Elle ne contient que très peu de radiations chimiques et que des quantités infinitésimales de radiations calorifiques. Ces constatations ne peuvent pas être attribuées à la faiblesse des foyers étudiés, ni à l'absorption par les appareils employés : il s'agit bien là d'une lumière spéciale, la *lumière froide*, comme je l'avais appelée jadis.

Au point de vue économique, son rendement est presque de 100 %, et la dépense d'énergie exigée pour sa production est des plus réduites. Mes résultats expérimentaux et mes conclusions ont été confirmées depuis longtemps par divers physiciens éminents, entre autres par Very et Langley en Amérique.

Dans certains cas, son intensité est renforcée par des substances fluorescentes (luciférescéines) qui, tout en transformant une partie des radiations chimiques inutiles ou même nuisibles en radiations éclairantes, ajoutent aux autres qualités physiques et organoleptiques de cette merveilleuse lumière un éclat particulier du plus bel effet. On sait que ce procédé économique de perfectionnement, que j'avais découvert et signalé en 1886 chez les brillants Pyrophores des Antilles, a été utilisé depuis dans l'industrie, en particulier pour corriger les inconvénients et augmenter le rendement des lampes électriques à vapeur de mercure. L'Insecte avait donc devancé, sous ce rapport, l'Homme, qui, d'ailleurs, est bien loin de l'égaler, sous tous les autres, pour la fabrication de l'éclairage.

Ces considérations m'avaient conduit, dès 1900, à faire au Palais de l'Optique, à l'Exposition de Paris, des essais publics d'éclairage usuel par la lumière froide physiologique, au moyen des Photobactériacées, ou microbes lumineux, particulièrement avec la *lampe vivante* qui porte mon nom.

Cet éclairage est susceptible d'applications immédiates, mais très restreintes, en raison de son intensité insuffisante, car elle ne dépasse pas celle d'un beau clair de lune. Outre les qualités physiques et organoleptiques supérieures de la lumière physiologique, la « lampe vivante » présente d'autres avantages. La dépense qu'elle exige est des plus minimes ; son entretien ne nécessite aucun soin pendant des semaines. Elle ne produit pas de chaleur incommode et évite aussi tout danger d'incendie. Cette lampe ne craint ni le vent, ni la pluie, ne dégage aucune vapeur désagréable, nuisible ou délétère. Elle ne nécessite aucun fil conducteur, aucune canalisation, est légère et peut se déplacer facilement. Il ne me paraît pas impossible d'augmenter son intensité éclairante, et si cette dernière devenait suffisante, aucun autre foyer ne pourrait rivaliser avec elle. En tout cas, l'étude de la fonction biophotogénique chez les animaux et chez les végétaux montre bien la supériorité et la réalisation possible, dans un avenir plus ou moins éloigné, de l'*éclairage par la lumière froide*.

Dans beaucoup de cas, le rôle de la lumière physiologique est impossible à définir, mais dans d'autres, manifestement, elle sert à assurer les fonctions de locomotion, de préhension, de défense et de reproduction. En outre, la réaction photogénique, surtout dans le cas de sécrétion

interne, peut être intimement liée à quelque processus nutritif intérieur utile, mais non indispensable, car, chez les Pyrophores, par exemple, à côté d'espèces très brillantes, il en est qui sont éteintes, et je suis parvenu à enlever à la larve du Lampyre ses organes lumineux sans entraver le développement de l'Insecte.

III. — Réduction de la fonction biophotogénique a un phénomène chimique

Par des procédés pour le détail desquels je renvoie aux travaux cités en tête de cet article, je suis arrivé à isoler deux substances chimiquement bien définies, qui par leur contact, en présence de l'eau, fournissent *in vitro* la même lumière que les organes photogènes vivants. Je les ai nommées respectivement *luciférase* et *luciférine*. Leur séparation, leur purification et leur conservation exigent des manipulations délicates, dont la description ne saurait trouver place ici. Je me contenterai de donner les principales caractéristiques chimiques de ces deux substances photogènes.

Luciférase. — Elle n'est pas détruite par une solution de fluorure de sodium à 1 °/₀, ce qui exclut l'idée d'une propriété cellulaire ou microorganique; elle traverse facilement les filtres en papier, très peu les filtres en porcelaine et ne dialyse pas.

La luciférase décompose énergiquement l'eau oxygénée : la chaleur augmente son activité photogène avec un optimum compris entre 30° et 40°; elle est détruite à 60°. Elle résiste aux plus grands froids et son mélange aqueux avec la luciférine brille encore à — 5°, mais plus faiblement qu'au-dessus de zéro.

Les sels neutres, le sucre, en solutions concentrées, suspendent, sans la détruire, son activité, qu'elle retrouve par dilution suffisante avec l'eau.

L'alcool fort la précipite, mais en la détruisant, comme les oxydones. Le chloroforme, l'éther, l'acétone, le formol, l'altèrent lentement.

La luciférase présente, d'autre part, tous les caractères généraux des substances protéiques et se montre dans les tissus sous forme vacuolidaire.

Elle ne renferme ni manganèse, ni cuivre, mais du fer dissimulé : c'est une *zymase* ferrique.

Son caractère spécifique est de donner de la lumière avec la luciférine en présence de l'eau aérée. Dans cette réaction, elle peut être remplacée par un composé chimique, non zymasique : permanganate de potasse, bioxyde de plomb, bioxyde de baryum, et surtout en traitant la luciférine d'abord par quelques gouttes d'eau oxygénée, puis par un peu de protosulfate de fer ou de citrate ammoniacal de fer additionné d'un peu d'ammoniaque, ou bien encore plus simplement d'un peu de sang ou d'hématine. Ces réactions suffisent à établir son rôle d'oxydant, mais on peut le démontrer encore par son action sur le gaïacol, le pyrogallol, la quinone, le chlorhydrate de diamidophénol, la liqueur de Tromsdorf bleuie par une trace de nitrite de sodium et d'acide sulfurique, etc.

La luciférase est donc une *oxydase*, mais d'un type assez spécial, se rapprochant par certains côtés des peroxydases et par d'autres des oxydones de Stern et Battelli.

Luciférine. — Cette substance présente les caractères spécifiques des *albumines naturelles*, qu'il n'est pas utile d'énumérer ici.

Le rôle de la luciférase consiste, en définitive, à emprunter de l'oxygène au milieu ambiant et à le combiner avec la luciférine. La bio-oxyluminescence exige donc non seulement de l'eau et de l'oxygène, mais encore un corps oxydant *indirectement* la luciférine. Il n'y a pas oxydation directe, comme pour le phosphore et certains composés organiques volatils devenant phosphorescents à l'air. Dans le milieu aqueux où s'est faite la réaction entre la luciférase et la luciférine, il se forme des cristaux de même nature que ceux que l'on observe dans les sécrétions photogènes, abondants en particulier dans celle de l'*Orya barbarica*, Myriapode algérien phosphorescent.

Quand on fait agir *in vitro* la luciférase et la luciférine purifiées, on voit apparaître une infinité de petites granulations arrondies, en tout semblables à celles que l'on trouve dans les Noctiluques, dans les organes lumineux des Insectes, etc. Ces granulations, non photogènes, séparées par centrifugation, donnent la réaction xanthique : elles proviennent de l'oxydation de la luciférine.

Mes recherches les plus récentes, en particulier celles qui se rapportent à la Pholade dactyle et à sa sécrétion lumineuse, confirment de tous points les conclusions de mes études anciennes sur le Pyrophore noctiluque.

La luciférase et la luciférine, très altérables à l'état de pureté, se conservent longtemps dans les solutions ou sels saturés de sucre, soit ensemble, soit séparément. Il suffit de verser un peu de sirop, dans lequel ces produits sont mélangés, dans un verre d'eau pour obtenir une veilleuse. Ces substances photogènes n'étant pas toxiques, on peut, en cas de besoin, boire sa veilleuse, qui permettrait même d'éteindre un commencement d'incendie. Malheureusement, la réaction photogène ne dure pas longtemps et son

pouvoir éclairant n'est pas très grand : il peut cependant permettre de voir l'heure à une montre, de lire des caractères d'imprimerie, etc. Il est à remarquer que le pouvoir éclairant des organes lumineux enlevés aux animaux les plus brillants devient beaucoup plus faible quand ces organes sont écrasés, ce qui prouve qu'il est chez l'animal vivant exalté par quelque perfectionnement de nature encore inconnue, mais qui permet de supposer que la luminescence de la réaction luciférase-luciférine, ou des réactions analogues, pourrait être renforcée artificiellement et peut-être par là fournir un moyen d'éclairage pratique par la lumière froide.

Le phénomène ultime de la biophotogenèse se produisant à froid doit prendre place parmi ceux que Wiedemann a groupés sous le nom de *luminescences* et qu'il a divisés en un certain nombre de groupes.

La biophotogenèse s'obtenant, en dernière analyse, en dehors de toute cellule ou débris de cellule, *in vitro*, par double réaction, en présence de l'eau et de l'air, peut être rangée dans le groupe des *chimiluminescences*, à moins que l'on admette que la luciférase soit encore quelque chose de vivant, les zymases présentant la plupart des propriétés du *bioprotéon* ou substance vivante. Il y aurait lieu, dans ce cas, de conserver le groupe des *bioluminescences*. Autrement, cette luminescence appartient au sous-groupe des *chimiluminescences par oxydation* ou *oxyluminescences*, et à la catégorie des *zymo-oxyluminescences* représentée uniquement, jusqu'à présent, par l'oxydation de la luciférine par la luciférase.

C'est en 1886 que j'ai fait connaître l'existence de cette zymase oxydante dans les organes lumineux des Pyrophores noctiluques (*loc. cit.*), et c'est la première signalée.

A cette époque, on connaissait déjà des phénomènes d'oxyluminescence, mais purement chimiques, tels que celui du phosphore, et celui qui accompagne l'échauffement des corps gras dans certaines préparations pharmaceutiques. Radziszewski avait aussi montré que la potasse alcoolique, et même d'autres alcalis, peuvent, en oxydant certaines substances organiques (la lophine, par exemple), donner, à froid, de la lumière. Mais ce chimiste ne fit aucune expérience sur les animaux et les végétaux lumineux.

Il se peut qu'il existe plusieurs *variétés* de luciférase et de luciférine : en tout cas, ce ne sont que des variétés, et le processus biophotogénique est le même partout.

On rencontre chez certains animaux des dispositifs organiques de perfectionnement, qui augmentent beaucoup le pouvoir éclairant de la réaction photogène ; mais ce que l'on peut affirmer aujourd'hui, sans crainte d'être contredit, c'est que le problème de la biophotogenèse, considéré dans son essence même, et en dernière analyse, est résolu, puisqu'il s'agit d'une *chimizymooxyluminescence* produite par des composés chimiquement définis.

Raphaël Dubois,
Professeur de Physiologie générale et comparée
à l'Université de Lyon.

LA PHOTOGRAPHIE AUX LUMIÈRES ARTIFICIELLES

Le problème de l'éclairage artificiel en photographie s'est posé dès la découverte de Daguerre. La lumière naturelle est, en effet, trop inconstante pour assurer l'exécution de travaux suivis, et son éclat ne suffit pas toujours dans les opérations où la rapidité est une condition de réussite, le portrait par exemple. Certains sujets restent d'ailleurs inaccessibles à la lumière diurne, comme les grottes, les gouffres, les mines, et, si Mariotte a jadis photographié l'intérieur des Pyramides au moyen des rayons solaires réfléchis sur une série de miroirs, il faut bien reconnaître qu'une telle méthode ne saurait se généraliser et ne peut être considérée que comme une expérience ingénieuse, certes, mais exceptionnelle et sans portée pratique.

La lumière artificielle, au contraire, permet au photographe d'opérer partout, à n'importe quel moment, et d'obtenir des résultats toujours identiques. Le temps de pose est réductible à volonté, puisqu'il suffit d'accroître l'intensité de la source éclairante, en augmentant par exemple la quantité de poudre photogénique brûlée. Aussi, tous les foyers brillants ont-ils été utilisés. C'est ainsi que l'arc électrique a été employé même à l'époque où il fallait l'alimenter par des piles, et que le gaz a été essayé bien avant l'invention du manchon Auer. A ces sources sont venus s'ajouter le magnésium, en ruban ou en poudre, l'aluminium et quelques autres métaux, seuls ou associés à des comburants, la lampe électrique à incandescence, l'arc au mercure, le tube de Moore, le chalumeau oxyhydrique et ses succédanés à l'éther et à l'acétylène. Le pétrole lui-même

a fourni des résultats intéressants. Il n'est pas exagéré de dire qu'actuellement les photographes n'ont que l'embarras du choix entre les multiples luminaires dont ils disposent.

En fait, la lumière artificielle intervient aujourd'hui dans presque toutes les applications de la photographie, sans même en excepter les opérations en plein air. Suivant la nature de ces applications, et aussi suivant les circonstances, il conviendra d'adopter tel ou tel luminaire, dans des conditions que nous allons essayer de préciser brièvement.

I. — LE PORTRAIT

1. *Portrait à l'atelier.* — Les premiers essais de photographie à la lumière artificielle sont dus à Sillmann et à Good, qui obtenaient, en 1840, des daguerréotypes, en se servant de l'arc électrique. Aubray, Millet et Leborgne appliquèrent les premiers cette lumière à l'obtention des portraits. Nadar, en 1860, alimentait par 50 éléments Bunsen une lampe Serrin dont il concentrait la lumière sur le modèle au moyen d'un réflecteur métallique barbouillé de craie. Van der Weyde, en 1879, utilisait une lampe analogue, mais l'alimentait par une machine Gramme accouplée à un moteur à gaz de 5 chevaux.

Actuellement encore, l'arc n'est pas entièrement abandonné par les portraitistes, parce qu'il fournit assez économiquement un très bel éclairage, sans bruit et sans fumée. Dans la lampe *Union*, par exemple, constituée par deux arcs en série avec un rhéostat, la source lumineuse est disposée entre un réflecteur blanc et un écran diffuseur incliné. La lanterne est montée sur un solide pied à roulettes, et peut monter ou descendre, de façon à donner à l'éclairage la direction voulue. Pour un portrait posé, une intensité de 20 à 25 ampères suffit, les deux arcs étant en tension dans le même circuit. Pour un grand groupe, on déplace la manette du rhéostat de façon que le débit atteigne 30 ou 35 ampères.

Depuis quelques années, les photographes qui utilisent l'énergie électrique tendent à remplacer l'arc à baguettes de charbon par la lampe à vapeurs de mercure. L'appareil que construit actuellement la Westinghouse Cooper-Hewitt C° Limited pour le portrait à l'atelier (fig. 1) est composé de deux tubes à mercure et de réflecteurs blancs émaillés portés par un bâti articulé sur un socle à roulettes. Sa consommation n'est que de 700 watts, pour une puissance lumineuse de 2.000 bougies. La lumière est stable et très riche en radiations actiniques. On en a critiqué l'aspect blafard, mais l'expérience a démontré qu'il n'en résulte aucun inconvénient pour le portrait monochrome. L'avantage de la lampe à mercure sur l'arc à charbons tient surtout à sa puissante diffusion, due à la qualité de la lumière ainsi qu'à la forme allongée des tubes : on n'a plus affaire, ici, à un point éblouissant, qui exige un recul considérable de la source, produisant une absorption énorme de lumière par les écrans diffuseurs, mais à deux lames lumineuses qui ne nécessitent qu'un écran très léger et fournissent directement un éclairage sans dureté comparable au meilleur éclairage du jour.

Fig. 1. — *Appareil Westinghouse pour le portrait à l'atelier.*

Il en est de même pour la lumière émise par les décharges à haute tension dans les gaz raréfiés. Les tubes de Moore ont été essayés dans quelques ateliers : ils y ont fourni des résultats satisfaisants, mais non supérieurs à ceux que l'on peut obtenir avec moins de complications.

En effet, l'avantage que présente pour le portrait la diffusion de la lumière a suggéré l'idée de remplacer les foyers puissants dont il a été question jusqu'ici par des sources lumineuses plus faibles, mais suffisamment multipliées, de manière à réaliser un éclairage abondant réparti sur une large surface. Le luminaire qui se prête le mieux à cette solution, avec le maximum de commodité et de sécurité, c'est la lampe électrique à incandescence. Tant que l'on n'a connu que l'ampoule à filament de charbon, on ne pouvait guère songer à l'appliquer au portrait, en raison de sa puissance photochimique très insuffisante. Mais il en va tout autrement avec les lampes à filaments métalliques. Une trentaine de ces lampes, à verre dépoli, groupées sur un panneau mobile enduit de peinture blanche, constituent une source lumineuse d'une extrême douceur, largement diffusée et par conséquent adaptée on ne peut mieux aux conditions requises pour l'éclairage des portraits. Les récentes

lampes à atmosphère d'azote[1] permettent d'ailleurs de réduire l'installation à un ou deux foyers, car on en construit maintenant dont l'intensité atteint 5.000 bougies : leur éclat équivaut à celui de l'arc, avec cet avantage que la lumière en est moins crue, sans aucune vacillation, et n'exige ni réglage ni entretien.

Les résultats obtenus avec les lampes à incandescence ont ramené l'attention sur l'éclairage au gaz, dont l'application au portrait photographique est loin d'être nouvelle, car les premiers essais en ont été exécutés, à Londres, en 1857. En 1880, Law, de Newcastle, se servait d'une lampe à gaz Wigham d'un très fort pouvoir éclairant et d'un réflecteur carré, d'environ 1 mètre de côté, constitué par de la tôle galvanisée et du verre strié recouvert d'une forte argenture. Les perfectionnements considérables apportés en ces dernières années à la fabrication des plaques orthochromatiques permettent d'utiliser pour le portrait des éclairages considérés autrefois comme les moins actiniques. Kenneth Mees a montré qu'un seul bec Auer, du type le plus habituel, placé à 2 mètres du modèle, permet d'exécuter en 5 secondes, avec un objectif ouvert à F : 5, un portrait sur plaque panchromatique Wratten, sans interposition d'écran compensateur, l'orthochromatisme étant assuré par la dominante jaune de l'éclairage. La société Kodak a mis au point cette méthode, en construisant un appareil d'éclairage au gaz « Powerful » pour portraits.

D'autres perfectionnements sont d'ailleurs à prévoir. Le bec Auer primitif faisait déjà réaliser une économie de 50 à 60 °/₀ sur les brûleurs Bengel. Les becs actuels, mieux conçus et mieux construits, font gagner 30 à 40 °/₀ sur les becs à incandescence du début, et à peine les a-t-on appliqués qu'on nous parle de nouvelles économies : on lance le gaz *surpressé*, qui émet une lumière aussi éclatante que l'arc électrique, mais étalée en un foyer plus large, ce qui est une supériorité manifeste en matière d'éclairage pour le portrait.

Les sources lumineuses que nous venons d'énumérer permettent au photographe d'obtenir, par n'importe quel temps et à n'importe quelle heure, des résultats équivalents à ceux que donne la lumière diffuse dans l'atelier vitré, par une belle journée; mais elles ne permettent pas d'opérer beaucoup plus rapidement. Elles ne se prêtent pas, notamment, aux poses dites instantanées, c'est-à-dire réduites à une fraction de seconde. Ces poses rapides ne sont actuellement réalisées que par la combustion de certains métaux[1].

Le métal le plus généralement usité est le magnésium, dont les propriétés actiniques avaient été découvertes, en 1859, par Bunsen et Roscoë. On l'employait primitivement sous forme de rubans, qui brûlaient lentement; mais on reconnut bientôt l'avantage qu'il y avait à le réduire en poudre, afin de multiplier la surface à brûler et d'abréger le temps de pose. L'aluminium est aussi utilisé, bien qu'il produise moins de lumière, à poids égal. Ces deux métaux en poudre sont employés, tantôt seuls, tantôt avec des substances comburantes, telles que le salpêtre ou le chlorate de potasse. Ces mélanges, connus sous le nom de *photopoudres*, ont fait l'objet de nombreux perfectionnements, au cours des dernières années. On s'est attaché à accroître la rapidité de la combustion, ainsi que l'intensité actinique de la lumière, et à diminuer le dégagement de fumée.

A cet effet, le magnésium et l'aluminium sont souvent remplacés, en totalité ou en partie, par d'autres métaux, tels que le cérium, le thorium et le zirconium, dont les oxydes portés à haute température émettent des radiations très brillantes. Cette même propriété a été aussi utilisée en associant au magnésium ou à l'aluminium un comburant dont la décomposition donne les mêmes oxydes: en d'autres termes, on a remplacé le salpêtre des photopoudres primitives par un azotate de thorium ou de cérium.

M. Albert Londe a mesuré la durée de combustion des photopoudres[2]. La plupart des préparations que l'on trouve dans le commerce brûlent en 1/10 de seconde environ. Celles dont la combustion est plus lente ne conviennent pas au portrait, car l'éclat soudain de la lumière provoque des mouvements involontaires chez le modèle et lui fait instinctivement fermer les yeux. Il importe donc que la pose soit achevée avant que ces mouvements aient pu s'accomplir.

La combustion a été accélérée en ajoutant aux photopoudres certaines matières qui favorisent l'accès de l'air. Telle est, entre autres, la fibre d'amiante, qui offre, en outre, l'avantage de retenir une partie de la fumée, grâce à sa structure

1. Voir la *Revue générale des Sciences*, 15 février 1916, p. 88.

1. Toutefois, on est arrivé récemment, avec 5.000 bougies en lampes à mercure, à obtenir des instantanés au 1/20e de seconde avec de bons objectifs; et les scènes cinématographiques qui sont tournées au 1/40e de seconde sont maintenant éclairées, dans nos principales maisons françaises de films, avec des batteries de 30 à 40 lampes à mercure.

2. *La Photographie à la lumière artificielle* (Encyclopédie scientifique. O. Doin et fils, éditeurs).

cotonneuse. L'acide borique et la silice diminuent aussi la production de fumée. Néanmoins, il n'existe point, jusqu'à présent, pour la photographie, de poudre sans fumée, et c'est là l'inconvénient le plus grave de l'éclairage par combustion de métaux.

Toutefois, s'il n'est pas possible d'empêcher la fumée de se produire, on peut du moins l'empêcher de se répandre. Dans les ateliers, la difficulté a été facilement surmontée par l'emploi de cages vitrées communiquant avec l'extérieur par des tuyaux. Pour l'usage du photographe portraitiste, divers constructeurs ont établi des dispositifs par lesquels l'éclairage artificiel se rapproche le plus possible des conditions ordinaires d'emploi de la lumière diurne. Des cartouches à photopoudres sont réparties à l'intérieur d'un meuble, d'une sorte d'armoire à vitrage dépoli dont la forme et la disposition rappellent celles des châssis par lesquels les ateliers de pose reçoivent la lumière du jour. Les cartouches sont enflammées par une étincelle électrique, le circuit pouvant être automatiquement fermé par l'obturateur.

Les photopoudres qui contiennent des azotates ou des chlorates sont de véritables explosifs, dont le maniement n'est pas sans danger, comme l'ont prouvé de nombreux accidents. M. J. Courtier a indiqué un procédé à la fois plus économique et inoffensif. Un fil fin en aluminium est mis en court-circuit sur une canalisation électrique : le passage du courant volatilise instantanément le métal, qui émet une lumière très vive et de très courte durée.

2. *Portrait hors de l'atelier.* — Le procédé Courtier est rarement applicable hors de l'atelier, ainsi que les lampes à arc et les becs de gaz intensifs, et il faut bien alors se résoudre à faire usage des photopoudres. L'inflammation est assurée, soit au moyen d'une mèche nitrée, soit par une étincelle électrique provoquée à l'aide d'une petite pile, ou encore par l'intermédiaire d'un déclic mécanique et d'une capsule de fulminate ou d'un briquet au ferro-cérium. Il est souvent impossible de canaliser la fumée jusqu'au dehors. On fait alors jaillir la lumière dans des boîtes pliantes d'où la fumée ne peut s'échapper. Ainsi, le capteur « Idéal » est formé d'une étoffe maintenue par des arceaux et rappelant la forme de certaines lanternes vénitiennes, ou encore une double capote de cabriolet. Repliée, cette double capote laisse parfaitement dégagée la charge de photopoudre posée en dessous : au moment où jaillit l'éclair, aucun obstacle n'en diminue l'éclat ; mais, aussitôt après, la capote se referme automatiquement, d'un mouvement brusque, et emprisonne la fumée. On n'a plus, dès lors, qu'à décrocher le ballon de son support et à l'emporter au dehors, où on l'ouvre pour laisser échapper la fumée.

Pour les portraits exécutés dans une pièce ordinaire, la lumière artificielle est parfois combinée avec la lumière du jour, et certains artistes, M. C. Puyo, notamment, ont produit de la sorte des œuvres très remarquées. Le modèle étant éclairé de face par la fenêtre, si l'appareil est placé entre celle-ci et le modèle, on n'aura évidemment qu'une image dépourvue de relief. Mais, si l'on dispose, à droite ou à gauche du modèle, un peu plus haut que sa tête, une lampe à magnésium, cet éclairage supplémentaire convenablement dosé donnera au modelé les accents nécessaires. Les contrastes seront même très accusés, si la pose est très réduite, parce que l'éclairage latéral sera alors prépondérant ; si, au contraire, la pose est prolongée et la charge de photopoudre diminuée, alors c'est l'éclairage de face qui fournira l'effet prédominant, et les contrastes seront adoucis.

II. — Photographie des intérieurs

Si le portrait exige une pose rapide, la surface à éclairer est toujours assez restreinte, de telle sorte que la quantité de lumière nécessaire reste relativement minime. C'est tout le contraire, lorsqu'il s'agit de reproduire un intérieur de grandes dimensions, un hall, une église, un théâtre, une caverne, et, si la lumière doit être d'autant plus abondante que le sujet à photographier est plus vaste, en revanche on a dans la plupart des cas toute latitude pour prolonger la durée de la pose.

Les photopoudres peuvent, en principe, être employées dans les mêmes conditions et à l'aide d'appareils analogues à ceux qui servent pour le portrait hors de l'atelier. Cependant, leur manipulation ne va pas sans quelques risques, et plusieurs opérateurs y ont renoncé. Dans les excursions, notamment, lorsqu'il s'agit de descendre au fond d'un gouffre d'accès difficile, il est imprudent d'avoir dans son bagage des compositions susceptibles de faire explosion, en cas de chute. M. E.-A. Martel, qui a exécuté de remarquables photographies souterraines, s'en tient le plus souvent au magnésium en ruban ou en poudre brûlant à l'air libre. Le métal seul brûle moins vite que lorsqu'il est mélangé à des sels qui lui fournissent l'oxygène nécessaire à sa combustion ; mais il produit plus de lumière, parce qu'il n'a point de solide à échauffer et qu'il se dégage moins de fumée.

Quand le recul n'excède pas 5 à 10 mètres, il suffit de brûler une dizaine de mètres de ruban de magnésium, et l'on conviendra qu'il ne saurait y avoir rien de plus simple que ce procédé, qui réduit le matériel d'éclairage à une boîte d'allumettes et une bobine de ruban métallique. C'est pourtant ainsi qu'en 5 à 10 minutes M. Martel a pu reproduire l'admirable *Mise au tombeau* de la crypte de Bourges, celle de Carennac (Lot), etc.[1] Les quelques minutes de patience que demande la pose sont amplement compensées par la rapidité de l'installation, si bien qu'au total l'opération se trouve achevée plus vite que par toute autre méthode.

Au delà de 10 mètres, il vaut mieux faire usage de magnésium en poudre. Il existe à cet effet plusieurs modèles de lampes, dans lesquelles le métal pulvérisé est projeté à l'aide d'une soufflerie sur une flamme d'alcool. M. Lasson a ainsi exécuté, à Dargilan et à Padirac, de très beaux clichés, en 10 secondes environ. Le temps de pose et la quantité de poudre dépendent évidemment de la distance du sujet, de la couleur des parois, de l'ouverture de l'objectif et de la sensibilité des plaques. Ces deux derniers éléments méritent de retenir l'attention de l'opérateur, car ils offrent un intérêt pratique aisément appréciable. Tel sujet, par exemple, qui pourrait être reproduit avec 30 grammes de poudre, si l'ouverture de l'objectif était égale à F : 6, en exigera 120 grammes avec un objectif ouvert seulement à F : 12. De même, les plaques les plus rapides, quoique plus chères que les plaques de sensibilité ordinaire, seront en définitive plus économiques, puisqu'elles permettront de diminuer la quantité de poudre brûlée[2].

La fumée est le plus grand ennemi de la photographie dans les intérieurs, et la poudre en donne plus que le magnésium en fil ou en ruban. Dès qu'elle commence à former un nuage à peine visible, il n'y a plus qu'à plier bagage, car elle griserait tous les clichés pris en sa présence.

Nous avons dit plus haut que la photographie des intérieurs n'exigeait pas, d'ordinaire, une pose très courte. Il faut en excepter la photographie au théâtre, qui offre, de ce fait, des difficultés toutes particulières. L'éclairage doit y être très intense, car il est impossible de compter sur l'immobilité de toutes les personnes en scène. Il ne faut d'ailleurs pas s'illusionner sur le concours des lampes de la rampe, des herses, etc., éclairage brillant pour les yeux, mais d'un actinisme à peu près nul au point de vue photographique. M. Paul Boyer emploie depuis 1888 des lampes spéciales, qu'il a du reste notablement perfectionnées, et les dispose de façon à répartir la lumière sur toute la scène. Dans une salle de spectacle de dimensions moyennes, il suffit de deux batteries de quatre lampes chacune, installées de part et d'autre à côté des avant-scènes de balcon. Les salles de l'Opéra et de l'Hippodrome ont nécessité l'emploi de 7 à 10 foyers. Chaque lampe est munie d'un capteur de fumée à ballon se fermant automatiquement, et toutes s'allument simultanément au moyen de l'électricité.

III. — Photographie nocturne en plein air

L'éclairage brillant des rues permet d'y exécuter des photographies en quelques secondes, parfois même en une fraction de seconde. Il est vrai que, dans ce dernier cas, l'image se réduit à peu près à la reproduction des réverbères, aux reflets de leurs lumières sur le sol, surtout quand il est mouillé, et à quelques silhouettes se détachant en noir sur les surfaces éclairées. Veut-on enregistrer plus de détails, en prolongeant la pose, les lanternes des véhicules impriment sur le cliché une foule de traînées enchevêtrées. On obtient, au contraire, de très beaux effets en photographiant d'assez loin ou du haut d'un édifice les feux d'artifices ou des illuminations. Dans toutes ces applications, il est indispensable d'employer des plaques anti-halo.

D'autres applications, beaucoup plus importantes que les précédentes, ont trait aux constatations judiciaires et au reportage photographique. Aussitôt qu'un crime a été commis ou que s'est produit un accident, un sinistre, il importe de recueillir immédiatement une image exacte des lieux, avant que les travaux de sauvetage ou de déblaiement en aient modifié l'aspect. Le photographe doit donc être outillé pour opérer à n'importe quel moment. Bertillon s'est servi de photopoudre étalée dans une gouttière métallique, de manière à avoir une large surface lumineuse. Le poids de la charge brûlée atteint souvent 50 gr., les clichés du service anthropométrique étant du format 18 × 24, et l'objectif, un grand angulaire peu lumineux.

Malgré l'éclat de l'éclairage, les images prises en plein air sont limitées aux premiers plans; les plans éloignés d'une vingtaine de mètres sont à peine indiqués, et, au delà de 50 à 80 m., c'est la nuit noire. La portée de la lumière est beaucoup plus grande dans les intérieurs, où les parois la réfléchissent de tous côtés, tandis qu'en plein air le sujet photographié ne reçoit que le faisceau lumineux qui lui vient directement du

1. Annuaire général et international de la Photographie, 1905, p. 413.

2. Le magnésium en poudre se vend environ 60 francs le kilo.

foyer. En plaçant derrière celui-ci un réflecteur blanc, on gagne bien quelque chose; néanmoins, la plus grande partie de la lumière est dispersée en pure perte.

IV. — Impression des positifs

Les motifs qui ont conduit les photographes à remplacer la lumière diurne par la lumière artificielle pour impressionner leurs négatifs se retrouvent également dans le tirage des positifs. Les variations d'intensité de la lumière naturelle, son interruption quotidienne, sa très faible durée à certaines époques, son insuffisance par les temps brumeux ne se prêtent pas à un travail

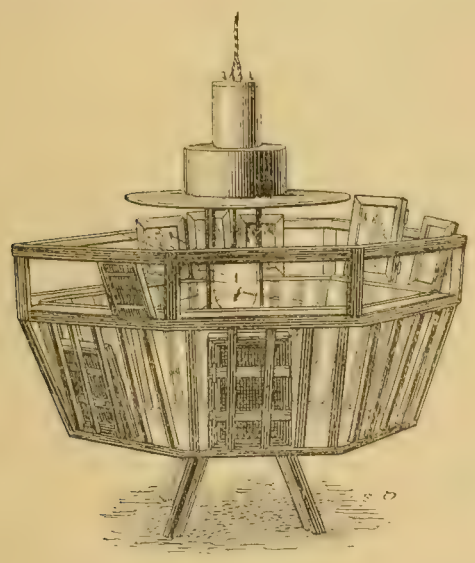


Fig. 2. — *Appareil de tirage à la lampe à arc en vase clos.*

régulier, surtout à un travail industriel un peu intensif.

Les tirages sur papiers à image apparente, notamment, papiers au chlorure d'argent, au platine, aux sels de fer, etc., deviennent parfois impossibles, pendant l'hiver, ou du moins ne sont pratiquement utilisables que 3 ou 4 heures, au milieu de la journée, et cette durée est parfois insuffisante pour achever une seule épreuve d'un cliché très opaque. En outre, les variations incessantes de l'intensité actinique compliquent la besogne et exigent un personnel attentif, constamment occupé à surveiller les progrès de l'impression. Ces inconvénients sont entièrement supprimés par l'emploi de la lumière artificielle, qui peut donner constamment une impression toujours égale.

Le magnésium et les photopoudres ne sont pas appliqués à cet usage, bien qu'il soit possible d'obtenir de la sorte des impressions particulièrement rapides. M. Humphrey avait construit une lampe à magnésium brûlant dans l'oxygène pur et fournissant un éclairage dont M. Poulenc évaluait l'éclat à 30.000 bougies. Un seul gramme de magnésium brûlé dans ces conditions suffit pour imprimer une épreuve au platine. Il en faut le double ou le triple pour les papiers au chlorure d'argent (albuminé, citrate, celloïdine, etc).

Néanmoins, dans l'industrie, on s'en tient à la lumière électrique, arc à charbons ou lampe à mercure. On se sert surtout de l'arc en vase clos. La figure 2 représente l'appareil de tirage construit par la Westminster Engineering C°, de Londres. La lampe est entourée d'une corbeille rotative portant les châssis-presses. La durée d'impression des épreuves aux sels d'argent est de 2 à 3 minutes (à la lumière diurne, au milieu d'une belle journée d'hiver, il faudrait environ 2 heures). La Westinghouse Cooper Hewitt C° dispose un tube à vapeurs de mercure entre trois panneaux (fig. 3), l'un horizontal et les deux autres

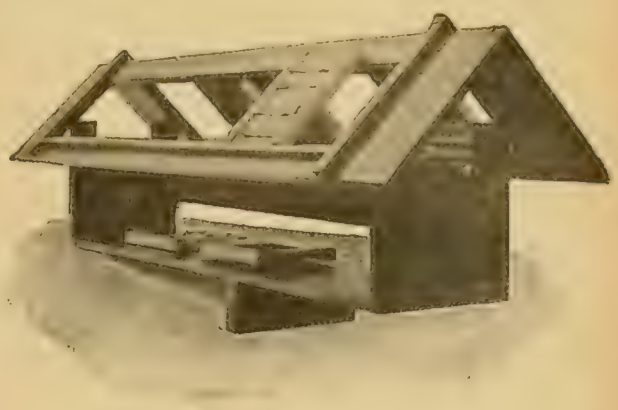


Fig. 3. — *Appareil de tirage à la lampe aux vapeurs de mercure.*

obliques, sur lesquels sont placés les châssis. La lumière étant absolument stable et constante, il suffit, pour chaque cliché, de noter la durée d'impression d'une épreuve, pour en obtenir ensuite, sans aucune surveillance, un nombre quelconque d'autres copies exactement semblables.

La lampe au mercure à tube en quartz est particulièrement indiquée pour le tirage des papiers photographiques aux sels d'argent, de platine, de fer et de chrome.

Les mêmes sources de lumière s'appliquent également aux couches de gélatine ou d'albumine bichromatées, dans les ateliers d'impressions photomécaniques. C'est là surtout qu'il est nécessaire de réaliser un travail régulier et rapide. Pour la similigravure, par exemple, l'exposition de la planche sensibilisée suivant le procédé *émail* exige environ 1 heure en lumière diffuse,

au lieu qu'à 30 centimètres d'une lampe à arc de 20 ampères, 5 minutes suffisent. Du reste, certains travaux ne souffrent aucune interruption, et l'illustration de la presse quotidienne oblige les photograveurs à s'outiller de manière à pouvoir conduire toutes les opérations aussi bien la nuit que le jour. Nous avons déjà fait allusion aux documents que les reporters recueillent dans l'obscurité : ce sont là des cas exceptionnels ; mais les autres phases de l'impression sont presque toujours accomplies sans le concours de la lumière naturelle. Aussitôt le cliché développé, parfois sans le fixer ni le laver, on l'applique contre une feuille de papier au bromure, que l'on expose sous une lampe quelconque et que l'on développe en quelques secondes. Après fixage et lavages très sommaires, l'épreuve est retouchée, s'il y a lieu, puis placée devant l'appareil photographique à trame et vivement éclairée par des lampes à arc. Le cliché tramé sert ensuite à impressionner la planche de cuivre ou de zinc enduite de colle forte bichromatée, et cette impression, nous venons de le voir, s'exécute le plus souvent en lumière artificielle. C'est en procédant ainsi que les journaux parviennent à reproduire des photographies prises la veille et parfois le jour même.

Ces opérations exigent des sources de lumière intense, arc ou lampe à mercure. Il n'y a d'exception que pour l'impression de l'épreuve au bromure, et ceci nous amène à dire un mot des papiers à image latente. La sensibilité des émulsions au bromure permet de les imprimer sous une bougie et même devant une simple allumette. Toutefois, ce ne sont là que des expédients susceptibles de rendre service, le cas échéant, aux amateurs insuffisamment outillés, et, dans l'industrie, les impressions au bromure s'effectuent d'ordinaire à l'aide de lampes à incandescence qui permettent d'exécuter rapidement de très gros tirages, avec une régularité parfaite. En employant un révélateur de composition constante et peu oxydable, la durée du développement est invariable, si bien qu'il est facile d'obtenir un grand nombre d'épreuves identiques, en réduisant au minimum la surveillanee des opérations. Dans certaines usines même, tout s'effectue automatiquement, à l'aide de machines : c'est ce que l'on a appelé la *photographie au kilomètre*. Le papier au gélatinobromure est enroulé en longue bande sur un treuil. Un mécanisme l'amène d'abord sous le cliché, au-dessus duquel une lampe électrique détermine l'impression de l'image latente. Le papier avance de la quantité voulue, et une nouvelle surface se présente sous le cliché. Pendant que l'impression continue, le commencement de la bande a été amené par la machine dans une cuve contenant le révélateur. Chaque photocopie n'y séjourne que juste le temps nécessaire au développement, et passe ensuite dans d'autres récipients destinés au fixage et aux lavages. La bande est enfin séchée rapidement, et les épreuves coupées au format voulu. On a ainsi, en quelques instants, de très belles images, stables, à des conditions de prix inconnues autrefois, susceptibles de lutter même avec les tirages aux encres grasses.

V. — Les agrandissements

La sensibilité des émulsions au bromure d'argent a permis d'appliquer aux agrandissements des sources de lumière artificielle même de très médiocre intensité. Elle a ainsi rendu très simple et accessible même aux amateurs une opération qui jadis nécessitait une installation assez coûteuse et la présence du soleil. J'ai retrouvé ces jours-ci un vieux prospectus de Monckhoven : son grand appareil dialytique à héliostat y est coté 3.000 francs. Encore ce matériel n'était-il utilisable qu'au milieu de la journée et par un ciel sans nuage.

Avec les papiers au bromure, une lanterne de projection éclairée au pétrole suffit pour obtenir en quelques minutes une épreuve amplifiée. Le papier au charbon exige une lumière plus puissante, comme l'arc, le bec Auer, le chalumeau oxyhydrique. La source lumineuse est généralement placée au foyer principal d'une grande lentille ou condensateur ; cependant, quand les dimensions du négatif dépassent le format 9×12, il est préférable de l'éclairer directement par une large surface lumineuse. C'est dans ce but que la Westinghouse Cooper Hewitt C° réunit dans un cadre (fig. 4) quatre lampes à mercure de 500 bougies chacune. Cette batterie permet d'éclairer, sans interposition de condensateur, des négatifs de toutes dimensions, jusqu'au format 280×406 m/m.

Une étude détaillée de l'agrandissement nous conduirait logiquement à traiter de la microphotographie en lumière artificielle ; mais ceci demanderait une analyse toute particulière, qui ne saurait trouver place dans cette esquisse rapide et pourtant déjà trop longue. Nous nous bornerons à rappeler que, dès 1857, Duboscq appliquait à la micrographie l'arc électrique et qu'actuellement, si l'on y emploie aussi le gaz, l'acétylène et la lumière Drummond, la majeure partie de la besogne reste encore confiée à l'électricité. Cette dernière est d'ailleurs utilisée par les micrographes, non seulement sous les formes que nous avons déjà rencontrées, mais aussi

sous celle de décharges à très haute tension : c'est ordinairement par des étincelles jaillissant entre des électrodes de cadmium qu'est réalisée la microphotographie en radiations ultra-violettes. Cependant, l'arc seul convient aux poses rapides, et c'est en concentrant sur une surface très exiguë une grande quantité de lumière qu'il a permis de réaliser la microphotographie instantanée. C'est ainsi que M. Victor Henri a pu cinématographier le mouvement brownien et que le Dr Comandon a appliqué la photographie animée à l'ultra-microscope.

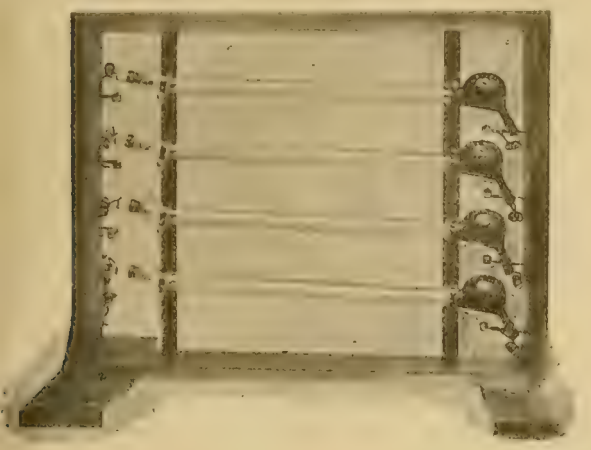
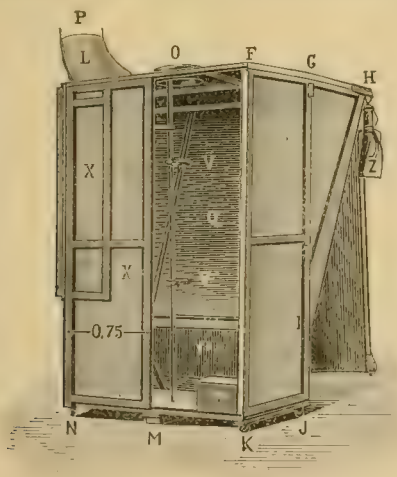


Fig. 4. — *Batterie de lampes à mercure pour agrandissements.*

VI. — Autochromie

Malgré l'extrême sensibilité de leur émulsion, les plaques autochromes exigent, toutes choses égales d'ailleurs, une pose environ 50 fois plus longue que les plaques monochromes de rapidité moyenne. La raison en est due à la double absorption que subit la lumière, en traversant d'abord le verre jaune compensateur, puis les grains de fécule colorés en violet, en vert et en rouge orangé. La longueur de la pose exclut la possibilité d'obtenir des portraits à la lumière diffuse de l'atelier vitré. La lumière artificielle, au contraire, permet d'opérer en une fraction de seconde : il n'y a qu'à brûler une dose suffisante de photopoudre.

Toutefois, en pratique, cette solution n'est pas si simple qu'elle paraît. D'abord, le verre jaune habituel ne suffit plus pour équilibrer le coloris ; il faut préparer un écran compensateur spécial pour chaque espèce de poudre utilisée, le spectre de la lumière émise variant suivant le métal et suivant l'oxydant qui constituent le mélange éclairant. En outre, nous avons vu que les poudres photogènes sont des explosifs, et il n'est pas prudent d'enflammer une quantité inusitée d'un produit contenant du chlorate de potasse ou quelque autre composition similaire. Le perchlorate est beaucoup moins dangereux et peut être employé à dose élevée. Appliqué aux reproductions en couleurs, il exige un écran jaune verdâtre. MM. Lumière fabriquent à cet effet un écran spécialement adapté aux radiations émises par leur poudre *Perchlora*. La quantité de poudre à brûler varie naturellement suivant les dimensions du local, la couleur de ses parois, la distance du sujet principal, etc. On peut cependant indiquer, à titre de donnée approximative, qu'avec un objectif ouvert à F : 5, il faut environ 8 grammes de poudre au perchlorate pour une plaque 13 × 18. Il va sans dire que, si l'on utilise une ouverture différente, la dose sera modifiée en raison inverse du carré du diamètre utile du diaphragme. Ainsi, pour le format précité, il faudra 16 grammes, si l'objectif travaille à F : 7.



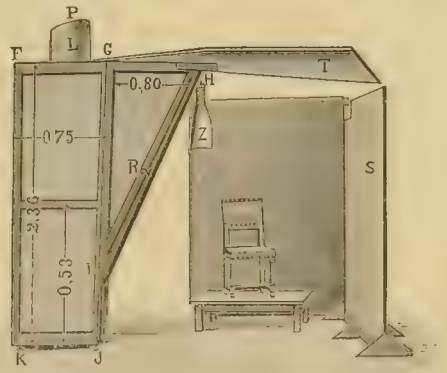


Fig. 5 et 6. — *Atelier Lumière pour portraits autochromes.*

MM. Lumière recommandent, pour l'exécution des portraits autochromes, l'installation représentée par les figures 5 et 6. La lanterne est constituée par des cadres en bois recouverts

de toile ignifugée, sauf le panneau Y^3, qui est en bois plein, et le châssis incliné Q, qui est garni de verres striés. L'ouverture O peut être mise en communication avec l'extérieur par une cheminée P. Une porte M K permet de placer la poudre sur des tablettes mobiles, en V et V'. L'inflammation est produite électriquement. En avant du vitrage, une mousseline R diffuse la lumière. Des écrans blancs T et S la reflètent et adoucissent les ombres. La lampe à arc Z sert à régler la mise au point.

Les images autochromes peuvent être multipliées, comme les diapositifs ordinaires, soit à la chambre noire, soit par contact. Cependant, la lumière naturelle ne convient pas à cette opération, parce que la couleur en est trop variable : suivant l'état du ciel, la reproduction accuserait une dominante bleue, ou jaune, rouge, etc. Ce défaut n'est d'ailleurs nullement imputable à la plaque autochrome et se retrouverait nécessairement dans n'importe quel procédé de reproduction en couleurs. Nous l'avions notamment remarqué en effectuant des tirages d'épreuves sur papier « Utocolor » : les photocopies imprimées à l'ombre n'avaient jamais les mêmes nuances que celles qui avaient été exposées au soleil.

La lumière artificielle seule fournit des résultats constants et des copies identiques au modèle, pourvu que l'écran compensateur ait été bien choisi.

M. Gervais-Courtellemont exécute de très belles reproductions autochromes à une échelle quelconque, au moyen d'une chambre à trois corps. La plaque à reproduire s'adapte au cadre antérieur et reçoit l'éclairage d'une lampe à arc de 15 ampères à travers un écran d'opaline blanche. L'écran compensateur placé sur l'objectif est spécialement préparé pour cet éclairage : il est désigné sous le nom d'écran *Auto A. R.*

Pour les reproductions à dimensions égales, il est plus simple de procéder par contact. Toutefois, on rencontre ici une difficulté résultant de l'obligation d'impressionner la couche derrière les éléments sélecteurs (grains de fécule colorés). Il faut appliquer contre l'image à reproduire, non pas l'émulsion sensible, mais le côté verre de la plaque autochrome qu'il s'agit d'impressionner. Les deux couches se trouvent donc séparées par toute l'épaisseur du verre, et, pour éviter la diffusion de lumière qui tend à se produire dans ces conditions, ainsi que les effets de parallaxe que déterminerait l'emploi d'une source lumineuse étendue, il est nécessaire de réduire celle-ci à un point très exigu. MM. Lumière ont réalisé un dispositif très simple et qui satisfait bien aux conditions requises (fig. 7). Une caisse rectangulaire en bois A B C D, de 0 m. 40 environ de longueur, étanche à la lumière et noircie intérieurement, est percée en E d'une ouverture à laquelle s'adapte un verre coloré de manière à donner un effet orthochromatique exact avec la lumière du magnésium. Cette ouverture peut être à volonté masquée ou découverte, en déplaçant le volet V. L'extrémité opposée de la caisse contient un châssis H, dans lequel on place d'abord le chromotype à reproduire O, le côté verre en avant, c'est-à-dire en

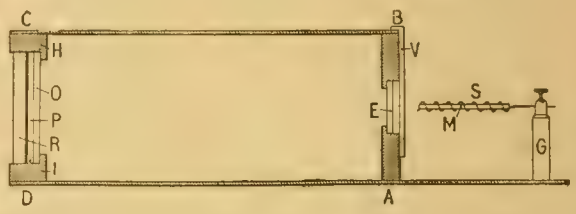


Fig. 7. — *Appareil Lumière pour reproduction de plaques autochromes.*

regardant l'ouverture E, puis la plaque autochrome non impressionnée P, le côté verre en contact avec le chromotype, et ensuite le carton noir habituel, appliqué contre l'émulsion. On ferme enfin le châssis à l'aide du volet R.

En face de l'ouverture antérieure, une colonnette soutient une spirale en fil de fer horizontale S, dans laquelle on introduit un ruban de magnésium coupé à la longueur convenable (10 à 20 centimètres, en moyenne, pour un ruban de 2mm,5 de largeur, suivant l'opacité du chromotype à reproduire), et plié en deux de manière à n'occuper dans la spirale qu'une longueur deux fois moindre.

Le magnésium est enflammé, de préférence avec une lampe à alcool, et on ouvre immédiatement le volet V, que l'on referme aussitôt la combustion achevée. Le chromotype se trouve ainsi très fidèlement reproduit, jusqu'à ses nuances les plus délicates.

Le photographe passait jadis pour être « l'esclave du soleil. » Le voici affranchi : non seulement la lumière naturelle a cessé de lui être indispensable, mais elle doit désormais, dans bien des cas, céder le pas aux lumières artificielles qui, de plus en plus, la dépassent en rapidité et en exactitude.

Ernest Coustet.

COMMENT DÉVELOPPER NOTRE MARINE MARCHANDE APRÈS LA GUERRE[1]?

Pour répondre à cette question en connaissance de cause, il paraît indispensable de savoir d'abord pourquoi il faut développer notre marine marchande après la guerre. Une fois connus les faits qui rendent ce développement nécessaire, une fois déterminés les besoins auxquels il correspond, une fois fixé le but vers lequel on doit tendre, on sera plus à même de décider comment il est possible de l'atteindre.

Ce n'est pas, en effet, par un simple souci de symétrie que la France aura après la guerre à fortifier la puissance de sa flotte de commerce, comme elle devra accroître le rendement de toutes ses forces productrices et assurer une reprise économique générale. Son commerce extérieur ne peut prendre un sérieux essor que si sa marine marchande est à même de l'appuyer efficacement. Posséder sur mer un outillage maritime national servant de trait d'union entre les Producteurs et les Négociants français, d'une part, et leur clientèle d'outre-mer, d'autre part, c'est une condition inhérente à l'avenir de notre exportation. En d'autres termes, il ne faut pas considérer l'industrie des transports maritimes en France comme une industrie séparée des autres, ayant son domaine propre et indépendant, pouvant prospérer ou être compromise sans que d'autres modes d'activité en bénéficient ou en souffrent; il faut voir en elle l'instrument nécessaire de notre commerce d'exportation.

Ces affirmations ne s'imposent pas par leur évidence. Nous n'ignorons pas qu'elles sont même parfois contestées. Sans entreprendre de pousser à fond leur démonstration, nous croyons utile d'indiquer tout au moins les éléments de preuve sur lesquels elles se fondent. Nous ne pouvons pas, en effet, demander au lecteur de les accepter de confiance et, d'autre part, ce sont ces vues sur le rôle de la marine marchande française qui inspirent tout naturellement celles que nous présentons plus loin sur les moyens à prendre pour la développer. Il n'est donc pas possible de les passer sous silence.

I. — L'EXPORTATION FRANÇAISE SOUS PAVILLON FRANÇAIS

Le commerce extérieur de la France était, avant la guerre, un commerce principalement maritime. Si nous prenons les chiffres de la dernière année normale, 1913, nous constatons que le poids total des marchandises du commerce général extérieur français se répartit ainsi :

Par mer.....	40.053.541 tonnes
Par terre.....	34.757.952 »
	74.811.493 tonnes[1]

Le commerce par mer représente donc environ 54 % du total au point de vue des poids. Au point de vue des valeurs, sa part est plus large encore. Nous relevons, en effet, les chiffres suivants :

Par mer. .	12.944.300.000 francs
Par terre..	7.040.000.000 »
	19.984.300.000 francs[2]

En chiffres ronds, le commerce maritime représente une valeur de 13 milliards sur un total de 20 milliards, soit 65 %.

Après la guerre, cette proportion ne se maintiendra vraisemblablement pas. Elle se modifiera au profit du commerce par mer. Il ne faut pas oublier, en effet, que nos deux gros clients par les frontières de terre étaient la Belgique et l'Allemagne. Le commerce franco-belge se faisait presque uniquement par terre (16.600.050 tonnes par terre, sur un total de 17.075.937 tonnes) et représentait, dans son ensemble, près de deux milliards de francs (1.904.317.000)[3]. Le commerce franco-allemand avait lieu surtout par terre (13.486.760 tonnes par terre, sur un total de 15.053.462 tonnes, soit 89,5 %). Il représentait dans son ensemble une valeur de 2.224 millions[4], soit environ 2 milliards pour le commerce de terre. Rapprochant ces différents chiffres, nous constatons que les commerces franco-belge et franco-allemand réunis représentaient, dans le commerce extérieur par terre de la France, en chiffres ronds, 30 millions de tonnes et 4 milliards de francs, soit 88 % des poids et 57 % des valeurs.

Le commerce franco-allemand sera certainement diminué après la guerre, les échanges entre les deux peuples se trouvant réduits à ceux qu'on ne pourra pas remplacer sans dommage par des échanges avec des pays alliés ou neutres. Quant au commerce franco-belge, il faut compter que

1. Cet article a été écrit spécialement en vue de notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre?* Voir les précédentes réponses à cette enquête dans les numéros parus depuis le 15 mars 1916.

1. *Tableau général du Commerce et de la Navigation*, année 1913, t. I, p. 67.
2. *Id.*, *ib.*, p. 50.
3. *Tableau général*, 1913, pp. 32 et 33.
4. *Id.*, *ib.*, p. 26 et 27.

c'est, en grande partie, un commerce par la Belgique, mais d'origine ou de destination allemande. Lui aussi se trouvera atteint. Notre commerce extérieur par terre subira donc une influence déprimante par suite de la guerre.

Au contraire, notre commerce par mer sera favorisé par les circonstances. La longue et loyale collaboration de l'Angleterre et de la France laissera certainement des traces dans les relations d'affaires. On peut espérer qu'il en sera ainsi également, dans une certaine mesure, avec nos fidèles alliés les Russes, que nous atteignons presque uniquement par mer[1]. Mais les raisons de sympathie ne seront pas les seules. Pendant toute la période de réparation, qui menace d'être longue après tant de ruines accumulées, ce sera souvent outre-mer qu'il faudra aller chercher une foule de matières premières et même de produits fabriqués que l'Europe ne sera en mesure de fournir que très incomplètement. Cela se fera d'autant plus naturellement qu'un courant dans ce sens est dès à présent établi, surtout avec les Etats-Unis. A l'heure actuelle, c'est par ses frontières de mer que la France reçoit presque tout ce qu'elle demande à l'étranger depuis le début des hostilités. Nos ports ont reçu en 1915 dix millions de tonnes de marchandises de plus qu'en 1913, sans tenir compte des immenses approvisionnements et des transports militaires effectués pour les besoins de l'armée anglaise.

Il n'est donc pas exagéré de penser que notre commerce maritime s'accroîtra par suite de la guerre plus fortement que notre commerce terrestre. Et, dès à présent, nous savons qu'il tient la plus large place dans l'ensemble de nos échanges. Si la France veut vendre à l'étranger, et elle en aura un pressant besoin, il faut donc qu'elle organise avec soin et qu'elle développe le plus possible son commerce de mer, son exportation par mer.

Est-il nécessaire pour cela qu'elle ait une marine marchande puissante ? Peut-elle, au contraire, se renfermer étroitement dans son négoce et confier ses transports à des pavillons étrangers ? Là-dessus les avis diffèrent.

« Peu importe sous quel pavillon navigue ma marchandise, disent beaucoup d'exportateurs. La seule chose dont je me préoccupe, c'est qu'elle coûte le moins possible à transporter. D'ailleurs, ajoutent-ils, l'expérience prouve qu'un grand pays peut développer son commerce extérieur maritime sans que sa marine marchande suive une marche parallèle. Voyez les Etats-Unis, qui ont tant prospéré depuis la guerre de Sécession pendant que leur pavillon participait de moins en moins à la masse de leurs transports maritimes ! Voyez la Belgique, si active, en rapport si constants, par son grand port d'Anvers, avec le monde entier, et pourtant si modeste par sa flotte de commerce ! »

A ces arguments, des observateurs plus méthodiques répondent que l'intérêt immédiat et étroit d'un négociant n'est pas toujours d'accord avec son intérêt plus largement entendu et plus exactement apprécié. Sans doute, il vaut mieux payer même quelques centimes de moins pour le transport d'une tonne de marchandises ; mais encore faut-il que ce gain modeste n'expose pas celui qui le réalise à perdre sa clientèle. Car il vaut mieux vendre avec un peu moins de profit et vendre en plus grande quantité et un plus grand nombre de fois à une clientèle que l'on s'attache. Or, il arrive que le transport sous pavillon étranger favorise singulièrement les détournements de clientèle. Les négociants ne l'ignorent pas : le service allemand au départ d'Anvers, sur la côte sud-américaine du Pacifique... « avait l'énorme inconvénient de ne pas présenter beaucoup de discrétion », disait récemment M. Ponsot, exportateur, dans un Rapport remarqué[1]. « Il nous a été fréquemment donné, ajoutait-il, de constater que des renseignements avaient été fournis, soit par les agences, soit par le bord, à des concurrents allemands de Hambourg et de Brême. » Ajoutons que l'indiscrétion est considérée par un agent allemand comme le premier de ses devoirs. N'assure-t-il pas du fret à sa compagnie de navigation en substituant à l'envoi occasionnel d'une maison française, anglaise ou autre, la clientèle fidèle d'un négociant allemand qui saura ses intérêts liés à ceux de son transporteur, qui lui devra même sa première affaire ?

Bien entendu, cet inconvénient n'existe pas quand le navire bat le pavillon d'une nation non concurrente. Les Américains du Nord peuvent, sans danger de détournement de clientèle, confier à des navires, même allemands, les cotons, les pétroles, les blés, les maïs qu'ils expédient en Europe. L'Allemagne n'est pas, en effet, exportatrice de ces marchandises. Mais ils voient clairement l'imprudence qu'il y a à faire livrer à l'étranger, par l'intermédiaire de navires français, anglais ou allemands, les produits fabriqués qu'ils exportent aussi en quantités toujours croissantes[2]. Ainsi s'expliquent à la fois leur

1. En 1913, le commerce général franco-russe se décomposait ainsi au point de vue des poids :

Par mer....	2.261.426 tonnes	soit	92 °/₀
Par terre...	198.639 »	»	8 °/₀
Total...	2.460.065 tonnes		

1. La marine marchande et le commerce d'exportation. Enquête du Musée social, Paris, Challamel, 1916, p. 67.

2. En 1914, d'après le *Commerce and Navigation of United States*, p. XVII, les produits manufacturés représentent à

indifférence ancienne vis-à-vis de la participation de leur flotte à leur trafic[1] et leur vif intérêt actuel pour leur marine marchande, leurs constructions navales prodigieusement actives depuis quelque temps[2], et les mesures légales prises par eux pour favoriser l'augmentation de leur tonnage, etc...

Bien entendu aussi, le péril du transport sous pavillon étranger est vain quand les exportations elles-mêmes ont une origine en grande partie étrangère. Ainsi s'explique le cas de la Belgique, qui exportait *par mer* peu de produits belges et qui se souciait fort peu, par suite, que les laines, les cotons, les peaux, les cafés, les produits de grosse métallurgie embarqués à Anvers fussent chargés sur des navires de nationalité quelconque. Quant aux marchandises d'origine belge exportées par mer, elles avaient, en général, le caractère d'impersonnalité que revêtent les produits industriels fabriqués par grande masse. Ce n'étaient pas, sauf très rares exceptions, des marchandises de marque. Dès lors, elles pouvaient, sans inconvénient, se confondre dans le grand courant d'exportation avec les marchandises similaires d'origines différentes.

En France, au contraire, la situation est toute différente. Nous n'exportons pas, comme les Etats-Unis, des produits pour lesquels nous détenions une sorte de monopole de fait. La plupart de nos exportations sortent de nos usines et de nos fabriques. Elles pourraient sortir d'usines et de fabriques belges, anglaises, allemandes, etc. La statistique nous donne, d'ailleurs, des précisions à ce sujet. En 1913, dernière année normale, notre exportation au commerce spécial, c'est-à-dire celle ayant son origine en France, représentait une valeur totale de 6 milliards 880 millions. Sur ce total, 4 milliards 380, soit environ 60 %, sont constitués par les objets fabriqués. Il est à remarquer que c'est précisément dans les pays dont les pavillons font au pavillon français la concurrence la plus vive, c'est-à-dire dans les grands pays industriels de l'Europe, que les produits similaires peuvent être élaborés. Par suite, lorsque les négociants français confient à des étrangers le soin de livrer à leur clientèle éloignée les marchandises qu'elle leur a commandées, ce sont des rivaux qu'ils chargent de ce soin.

Au surplus, ce danger n'existe pas seulement pour nos produits fabriqués. Beaucoup d'objets d'exportation française ont besoin, en effet, d'être présentés à la clientèle par des intermédiaires susceptibles d'en apprécier la valeur. C'est le cas, en particulier, pour nos vins de grands crus, pour nos eaux-de-vie et, d'une façon générale, pour tous les produits de luxe, qu'ils rentrent ou non dans la catégorie des objets fabriqués. Il faut, en effet, une éducation spéciale pour apprécier un produit de luxe. Tandis qu'il suffit de savoir compter pour se rendre compte du bon marché d'un produit et pour lui donner la préférence sur un autre, il faut, pour consentir à payer l'objet de luxe plus cher que l'objet de pacotille correspondant, un goût exercé et, parfois, une éducation artistique. Il est facile de comprendre que des agents étrangers ne soient pas en mesure et n'aient pas la volonté de former la clientèle au goût nécessaire pour apprécier la marchandise française. Lorsqu'on réfléchit que plus de 2 milliards de nos exportations de 1913 (2.192.000.000) sont représentés par un ensemble de produits textiles, de vêtements, d'objets de mode, on sent combien il est nécessaire, pour conserver cet important débouché à une de nos industries françaises les plus développées, de maintenir un lien étroit entre nos clients d'outre-mer et nos producteurs français. Le passage et le séjour des étrangers à Paris et en France rend de grands services à ce point de vue; mais il ne faudrait pas que les exportateurs s'abandonnassent avec trop de confiance aux facilités qui leur sont ainsi fournies. Il y a de leur part un effort à faire et des imprudences à éviter.

Il n'y a rien, du reste, d'exceptionnel dans ce fait que le commerce maritime français ait besoin d'une marine marchande nationale pour se développer. Tous les grands pays industriels ne parviennent à un développement considérable de leurs exportations qu'en exécutant eux-mêmes leurs transports maritimes. La chose est particulièrement évidente en ce qui concerne l'Allemagne. Les Hambourgeois et les Brémois ne manquent pas de dire, et les négociants éclairés reconnaissent que le grand essor industriel de l'Empire allemand, en particulier le développement de ses exportations, a été dû au développement antérieur de l'armement de Hambourg et de Brême. Lorsque cette exportation a commencé, elle a trouvé en face d'elle, sur les marchés qu'elle voulait aborder, la plupart des places prises par l'exportation anglaise, belge, française, etc. Elle a dû triompher de résistances qui lui ont été opposées; elle a vraiment livré une série de batailles dans lesquelles le concours des compagnies de navigation allemande lui a été extrêmement utile. Si elle avait voulu entreprendre la

l'exportation $ 1.392.350.340, soit 59,7 % du total des exportations ($ 2.329.684.025). La proportion était de 14 % seulement en 1880!

1. En 1914, cette participation tombe à 8,6 %. Elle s'est relevée en 1915 à 14,3 %.

2. Il y a actuellement plus de 1.100.000 tonneaux de jauge brute de navires en construction dans les chantiers des États-Unis.

lutte en confiant ses livraisons aux pavillons étrangers, elle ne serait jamais arrivée à s'imposer comme elle l'a fait.

En résumé, l'exportation française, telle qu'elle est constituée par la nature de nos forces productrices, ne peut pas se passer, sans grand danger, du concours d'une marine marchande nationale. Elle le peut d'autant moins, à la veille de l'offensive économique que nous aurons à prendre au lendemain de la cessation des hostilités.

II. — La marine marchande française au service du commerce français

Il se trouve, au surplus, que la marine marchande française ne peut pas plus se passer du commerce maritime français que lui ne peut se passer d'elle.

Il y a des flottes commerciales qui, par suite de certaines circonstances particulièrement favorables, peuvent faire concurrence à toutes les autres. Ces circonstances, en effet, leur permettent, toutes choses égales d'ailleurs, de transporter à meilleur compte qu'aucune autre.

De ce nombre est la flotte anglaise. Les armateurs britanniques ont l'avantage de se procurer des navires dans les conditions les meilleures, soit lorsqu'ils les achètent de seconde main, parce que le grand marché des navires est précisément en Angleterre, soit lorsqu'ils les commandent à des chantiers de construction, parce que les constructeurs anglais sont en mesure de livrer des navires neufs, de types courants, à des prix qui, jusqu'ici, défient la concurrence. A côté de ce premier avantage, relatif au prix du navire, les armateurs anglais en ont un second, qui tient à son exploitation. Ils sont sûrs de trouver toujours, et à toute époque, dans leur pays, à proximité de leurs ports d'attache, un chargement complet pour une destination quelconque. En effet, les exportations de charbon anglais fournissent en temps normal, aux navires de charge anglais, une ressource pratiquement inépuisable. En 1913, il a été exporté d'Angleterre environ 77 millions de tonnes de houille (76.448.446), sans compter le charbon de soute chargé en Angleterre par des navires faisant le commerce extérieur, qui s'est élevé, pendant la même année, à plus de 21 millions de tonnes (21.031.550), soit un total de près de 98 millions de tonnes. Si la guerre de 1914 n'était pas survenue, les sorties actuelles de charbon anglais dépasseraient 100 millions de tonnes.

De plus, cette énorme quantité de houille est dispersée fort loin sur toutes les mers. Bien que l'Angleterre extraie beaucoup moins de charbon que les Etats-Unis et que l'extraction de l'Empire allemand égale presque la sienne, elle seule reste la grande exportatrice par mer. Jusqu'ici, en effet, les Etats-Unis ont absorbé, et parfois même au delà, le demi-milliard de tonnes qu'ils sont arrivés à produire. Quant aux Allemands, la situation de leurs principaux bassins houillers, loin de tout littoral, aux extrémités de l'empire, en Westphalie et en Silésie, ne leur a pas permis d'atteindre précisément la clientèle d'outre-mer. C'est pourquoi le charbon anglais se trouve dans l'Atlantique, sur les quais Sud-Américains du Pacifique, dans la Méditerranée, dans la mer des Indes et jusqu'à Singapour, où la concurrence de la houille australienne ou japonaise arrive à se faire sentir.

Un navire de charge anglais se trouve ainsi assuré d'un chargement pour des destinations très éloignées et, lorsqu'il parvient à ces destinations, ayant déjà encaissé un fret à son voyage d'aller, il peut consentir, pour un voyage sur une destination quelconque, un prix de fret plus bas que son concurrent venu avec une charge incomplète. On comprend que, dans ces conditions, les navires tramps, ceux qui ne sont affectés à aucune navigation régulière, aient pris, en Angleterre, un développement qu'ils n'ont atteint dans aucun autre pays. D'après les calculs les plus récents et les plus autorisés [1], le tonnage brut des tramps battant pavillon britanique peut être estimé à 12 millions de tonneaux, alors que l'ensemble des autres tramps naviguant sous tous autres pavillons n'atteint pas probablement 5 millions de tonneaux. C'est dire que l'Angleterre possède à ce point de vue une prééminence plus grande encore que pour l'ensemble de la marine marchande. En effet, le tonnage brut des navires anglais, sans distinction de catégories, est d'environ 21 millions de tonneaux, alors que l'ensemble de la flotte mondiale de commerce est d'environ 50 millions de tonneaux. La flotte de commerce anglaise représenterait donc, dans son ensemble, 42 % de la flotte de commerce mondiale. Au contraire, ses tramps représenteraient 69 % de l'ensemble des tramps du monde. Ce chiffre mesure assez exactement le rôle de « rouliers de mer » que l'on assigne souvent aux armateurs anglais de tramps. A un moindre degré, et pour d'autres causes, les marines scandinaves participent, elles aussi, à ce genre de trafic. Le charbon n'est pas à leur portée, il est vrai, mais il se trouve sur leur passage quand ils se rendent vers des destinations de long cours. De plus, l'exploitation des navires, sous pavillon norvégien en particulier, est moins onéreuse en raison des équipages

1. *Report of the Liverpool Steamships owners Association*, octobre 1915 (p. 6).

réduits qui les montent et de leurs exigences généralement plus modestes que celles des marins anglais. Aussi, est-ce dans les flottes scandinaves que l'on rencontre la plus forte proportion de tramps, l'Angleterre exceptée.

Il est aisé de comprendre que les rouliers de mer ne sont pas, à proprement parler, au service de leur commerce national; ils sont toujours à la disposition de qui veut les affréter, et le prix auquel ils se louent varie très largement suivant le tonnage des marchandises mondiales à transporter : une récolte particulièrement abondante de blé dans l'Ouest américain, l'accomplissement de grands travaux publics dans un pays neuf obligeant de faire venir d'Europe ou des Etats-Unis tous les matériaux nécessaires, une guerre en un coin quelconque du globe occasionnant des transports d'hommes, de chevaux, de munitions, etc..., en somme un événement quelconque influant d'une manière quelconque sur l'intensité du trafic maritime agit très fortement sur le taux des affrètements. Ainsi, non seulement les tramps transportent des marchandises d'origine et de destination quelconque; mais le prix auquel ils les transportent est fortement influencé par les vicissitudes commerciales du monde entier.

Tout autre est la situation des navires de lignes régulières, partant d'un point déterminé pour se rendre à une destination déterminée en suivant un itinéraire fixe. Ces navires relient d'une façon constante le port qui leur sert de tête de ligne dans le pays dont ils portent le pavillon à une série de ports souvent très éloignés; par suite, leur trafic ne peut se développer que dans la mesure où se développent les relations entre leur pays et les points desservis par leur ligne. Ils sont donc réellement sous la dépendance du commerce de leur pays et au service de ce commerce. Il serait facile, par exemple, de montrer que la prospérité des grandes compagnies de navigation allemandes a été liée de la façon la plus intime au développement du trafic maritime de l'Empire. Sans doute, les lignes allemandes à destination de l'Amérique ont tiré parti d'éléments de fret que le territoire allemand ne leur fournissait pas en abondance suffisante. Par exemple, elles transportent chaque année, vers le Nouveau Monde, plus de 300.000 émigrants en moyenne, alors que l'Allemagne leur en fournissait, à peine, une vingtaine de mille. Mais elles n'obtenaient ce résultat que grâce à la connivence du Gouvernement impérial qui rabattait sur les ports de Brême et de Hambourg, au moyen de mesures de police énergiques, tous les émigrants de l'est de l'Europe empruntant le territoire de l'Empire pour se rendre à leurs ports d'embarquement. De même, les facilités offertes par le port franc de Hambourg faisaient affluer des marchandises d'origine étrangère qui venaient chercher dans cet immense carrefour maritime l'occasion d'un transport prompt vers une partie quelconque du globe. En d'autres termes, l'initiative privée, très largement aidée par les autorités gouvernementales, s'appliquait à augmenter le plus possible le volume du trafic maritime aboutissant naturellement aux grands ports allemands ou transitant par eux. Mais il n'en reste pas moins que les lignes régulières ne trouvaient leurs éléments de développement que dans le commerce des ports mêmes de l'Empire allemand.

Notre marine marchande française est dans une situation analogue, parce qu'elle compte très peu de tramps, et que la plus grande partie de son tonnage est affectée à des lignes régulières de navigation. Elle est donc liée au commerce maritime français de la même manière que le commerce maritime français est lié à elle. Cela ne veut pas dire qu'elle soit condamnée à refuser les transports maritimes entre deux pays étrangers qui peuvent occasionnellement se présenter à elle; mais ce ne sont là pour elle que des éléments accessoires et généralement temporaires de profit. Le fondement de sa prospérité ne peut se trouver que dans un essor sérieux des échanges maritimes de la France.

III. — Développement concerté du commerce maritime et du pavillon français.

Le commerce maritime de la France ayant dans le pavillon français un élément essentiel de son développement, et le pavillon français ne pouvant trouver sa clientèle principale que dans le commerce national, il en résulte que les négociants et les armateurs de notre pays ont tout intérêt à s'entendre. Il faut même qu'ils s'entendent, aussi bien pour accroître le trafic maritime que pour mettre la marine marchande à la hauteur de sa tâche.

Cette entente existait naturellement dans les temps anciens où l'on naviguait uniquement à la voile. Beaucoup de maisons d'armement étaient encore des entreprises commerciales, exécutant elles-mêmes les transports auxquels leur commerce donnait lieu et ne transportant pour compte d'autrui qu'à titre, pour ainsi dire, complémentaire. Le négociant et l'armateur se confondaient ainsi en leur personne. On rencontre aujourd'hui encore çà et là quelques exemples de cet ancien état de choses, mais ce ne sont plus que des survivances isolées, dues à des circonstances particulières. La grande transformation

causée par l'application de la vapeur a produit dans l'industrie des transports maritimes une telle complication que la scission s'est opérée entre elle et les négoces dont elle réalise les combinaisons d'échanges. Avec la vapeur, en effet, on a eu le navire plus cher, plus grand, plus rapide ; on a eu surtout la ligne régulière exigeant, non plus quelques unités, mais une véritable flotte de navires plus chers, plus grands et plus rapides ; d'où importance croissante des capitaux engagés, augmentation considérable des difficultés d'exploitation et des risques ; par suite, nécessité de spécialiser l'entreprise dans le transport maritime proprement dit, laissant à des négociants ou à des industriels également spécialisés le soin de pourvoir aux combinaisons commerciales d'où résulte le trafic des marchandises sur mer.

Il n'y a pas à s'insurger contre cette évolution dont on saisit facilement les causes. Mais il ne faut pas non plus accepter les inconvénients qu'elle présente sans chercher à y remédier. Les négociants et les armateurs ont désormais des intérêts distincts, cela est certain. Est-ce à dire qu'ils aient des intérêts opposés et forcément séparés? Assurément non! Nous espérons même avoir montré que, tout au moins en France, ces intérêts sont liés l'un à l'autre, et d'une façon étroite dans bien des cas. Ce n'est pas là d'ailleurs un phénomène sans exemple. Le bouleversement profond que l'avènement de la vapeur et la substitution de la grande usine au petit atelier ont produit dans les industries de terre a rendu distincts également l'intérêt du patron et celui de l'ouvrier, qui se confondaient jadis dans le petit patron, ancien ouvrier lui-même. Est-ce à dire que ces intérêts soient opposés? Ne sont-ils pas, l'un et l'autre, dominés par un intérêt supérieur, celui de l'industrie elle-même? L'expéditeur de marchandises de mer cherche à les faire transporter au meilleur compte, de même que l'employeur cherche à se procurer la main-d'œuvre qui lui donne le meilleur rendement. L'armateur, comme l'ouvrier, cherche à vivre de son métier et tend à la hausse du fret ou du salaire. Mais ce sont là chez eux des préoccupations primées par une préoccupation dominante : l'activité de l'industrie. Quand le chargeur ne parvient pas à trouver un navire pour faire enlever ses marchandises ; quand l'employeur ne peut pas se procurer de main-d'œuvre pour un travail urgent, ils s'efforcent l'un et l'autre de découvrir *à tout prix* le navire ou les ouvriers dont ils ont besoin. Et, à l'inverse, dans les moments de dépression, il y a des frets et des salaires *de misère* que les armateurs et les ouvriers acceptent parce *que avant tout* il importe que le travail se poursuive.

Nous sommes donc en présence d'intérêts distincts, mais liés. Il suffit que les représentants de ces intérêts soient capables d'agir de concert, de combiner leurs efforts pour résoudre le problème qui leur incombe. Est-ce trop attendre des négociants et des armateurs? S'ils étaient bien persuadés que la solution fût dans leur action concertée, ils la réaliseraient certainement.

Dans quel sens pourra s'exercer utilement cette action concertée? Nous l'avons vu, il ne s'agit pas de faire concurrence aux rouliers de la mer, mais de développer nos lignes régulières ou d'en créer de nouvelles. C'est là ce dont le commerce français a besoin et c'est ce que l'armement peut réaliser avec profit s'il est assuré de son concours. Il est bien entendu, au surplus, que nous ne visons pas ici les services de paquebots rapides, dont les frais d'exploitation dépassent normalement les bénéfices et qui ne peuvent se soutenir qu'avec des subventions connues ou occultes, directes ou indirectes. Ces services ont une importance politique qui les justifie, mais par laquelle ils échappent aux considérations purement économiques. Nous ne voulons parler que des *lignes régulières commerciales*, qui exécutent leurs services avec des navires ne dépassant guère une vitesse de 14 à 15 nœuds, prenant peut-être quelques passagers, mais laissant de côté l'entreprise d'hôtel flottant « de tout premier ordre » qui est une industrie à part dans l'armement.

Des lignes de ce genre peuvent prendre un sérieux essor si elles sont créées et soutenues par l'effort commun des chargeurs et des armateurs. Il en existe déjà de fort bien établies sur certaines destinations. Mais on n'en pourra augmenter le nombre, et fournir ainsi à notre commerce un instrument d'expansion dont il a besoin, que si le commerce souscrit des engagements correspondant à ceux que comporte, de la part des armateurs, une pareille création. Lorsqu'une entreprise de navigation établit une ligne régulière, elle s'oblige, en effet, à faire partir de ports donnés, à des époques fixées d'avance, une série de navires, quel que soit le tonnage de marchandises ou le nombre de passagers que ces navires auront pu embarquer. C'est là une obligation très onéreuse, comportant des aléas énormes. D'autre part, les négociants trouvent à la régularité des départs de si grands avantages qu'ils ne considèrent un port comme desservi que quand des lignes régulières en partent ou y font escale. Dans ces conditions, il convient qu'ils aident l'armateur à supporter le poids du fardeau qu'ils

lui imposent, et la manière la plus simple, la plus efficace et la moins lourde pour eux est de réserver autant que possible le fret dont ils disposent à la ligne dont ils réclament l'établissement.

Il y a tout un programme à arrêter et à exécuter après la guerre pour développer notre marine marchande sur ces bases, c'est-à-dire dans le sens où elle peut être développée. Dès à présent, une préparation est nécessaire et elle se poursuit. Mais un souci plus immédiat préoccupe l'armement, un danger imminent le menace et il est urgent que des mesures immédiates soient prises pour l'écarter; la flotte commerciale française est en passe de disparaître si on ne se hâte pas de la renouveler. Nous perdons tous les jours de nouvelles unités par la guerre sous-marine. Dès maintenant, plus de 200.000 tonneaux ont été coulés et nous ne sommes pas au bout. De plus, les navires réquisitionnés sont soumis par les nécessités de la guerre à un service très dur; ceux dont les armateurs gardent la libre disposition sont utilisés à leur maximum, de telle sorte que tous subissent un surcroît de fatigue et d'usure. Enfin, on a les plus grandes difficultés à les entretenir et à les réparer. Aussi notre flotte diminue-t-elle tous les jours en tonnage et en rendement.

Cette conséquence de la guerre ne serait pas très inquiétante si notre flotte pouvait se renouveler. Mais cela est impossible actuellement. Les grands pays maritimes d'Europe ont tous successivement interdit l'exportation de leurs navires et le transfert de pavillon. Les navires sont aujourd'hui des outils trop rares et trop précieux pour que les puissances dont ils battent le pavillon les laissent aller grossir une flotte concurrente. Donc, aucun moyen d'acquérir de navires à l'étranger. D'autre part, nos chantiers de construction navale ont tourné depuis la guerre le meilleur de leur activité vers une tâche urgente, aujourd'hui assurée, la fabrication des obus. Ils ont achevé la construction de quelques unités de la marine de guerre et d'un très petit nombre de navires de commerce. Mais, d'une façon générale, la construction navale commerciale est suspendue en France depuis le 2 août 1914. Il est indispensable qu'elle reprenne si on veut éviter un désastre. Quelques spécialistes encadrant des ouvriers de fortune suffiraient pour constituer un personnel capable de monter des coques de navires de charge. La plus grosse difficulté gît dans la rareté des matières premières disponibles. Pour obtenir en ce moment, des seules sources qui puissent en fournir, des tôles, des cornières et des profilés, une intervention directe de notre Gouvernement est utile. Mais elle serait efficace et résoudrait un problème urgent. Que, si elle ne se produisait pas, on risquerait d'arriver à la fin de la guerre avec une marine marchande tellement épuisée qu'il ne faudrait plus envisager son développement, mais sa totale reconstitution.

Il faut parer à une semblable extrémité. Il le faut d'abord parce que la lutte économique très âpre qui éclatera après la guerre nous trouverait bien mal armés pour le commerce maritime si nous n'avions plus à mettre en ligne qu'un petit nombre de navires vieillis. Il le faut, ensuite, parce que les pays étrangers ennemis, alliés ou neutres, s'efforcent en ce moment d'augmenter le plus qu'ils peuvent leurs moyens d'action maritimes, de telle sorte que les nôtres, diminuant en valeur absolue, voient leur valeur comparative diminuer bien plus encore.

Voici quelques chiffres à cet égard. Dans une interview du mois de juillet dernier[1], M. Ballin, directeur de la *Hamburg-Amerika*, indiquait que cette compagnie a actuellement sur cale le *Bismarck*, le plus grand navire du monde, disait-il, de 56.000 tonneaux, le *Tirpitz* de 30.000 tonneaux et trois autres navires de 22.000 tonneaux chacun. M. Ballin ajoutait que le chantier *Vulkan* a neuf navires en construction, dont quatre jaugeront chacun 18.000 tonneaux; le chantier de Flensburg cinq. Le *Norddeutscher-Lloyd* aurait commandé 16 vapeurs, dont deux de 35.000 tonneaux chacun, l'*Hindenburg* et le *Kolumbus*, deux de 16.000 tonneaux et douze de 12.000 tonneaux; la ligne *Afrika* construirait six vapeurs, le *Hansa* huit, le *Kosmos* dix. Il est fort possible que les affirmations de M. Ballin soient empreintes d'une exagération volontaire; mais il est difficile de croire qu'elles ne reposent pas sur une réalité.

Aux Etats-Unis, plus de 1.100.000 tonneaux sont actuellement en chantier. Le *Fairplay* donnait dernièrement les caractéristiques de chacun des navires formant ce total, le nom du chantier où ils sont construits, celui de l'armateur qui a passé la commande. Les constructeurs anglais ont repris depuis quelques mois leur activité normale, qui leur permet de lancer chaque année 2 millions de tonneaux de navires de commerce. Au milieu de cette ardeur générale, les chantiers navals français, privés de matières premières, multiplient leurs démarches auprès du Gouvernement pour obtenir la possibilité de s'en procurer. S'ils n'y parviennent pas très promptement, la marine marchande française commencera à réparer ses pertes quand tous les autres pavillons auront profité des frets élevés actuels et que le tonnage des navires dépassera les besoins de la marchandise à transporter. Il faut éviter cette faute à tout prix.

Paul de Rousiers.

Professeur à l'Ecole libre des Sciences politiques,
Secrétaire général du Comité des Armateurs de France.

1. Publiée par l'*Information Universelle* du 20 juillet.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences physiques

Burton (E. F.), *Professeur adjoint de Physique à l'Université de Toronto.* — **The physical properties of colloïdal solutions.** (Les propriétés physiques des solutions colloïdales). — *1 vol. in-8° de 200 pages avec 18 fig. de la collection :* « Monographs on Physics ». (*Prix cart. : 6 sh.*). *Longmans, Green and Co, éditeurs, Londres, 1916.*

La monographie de M. Burton sur les propriétés physiques des solutions colloïdales est riche en faits et excellemment documentée. Ce sujet si difficile, et dont l'étude est encore en pleine évolution, est divisé nettement, et une juste place est laissée aux divers points de vue qui ont été successivement envisagés par les auteurs des travaux publiés sur la matière. Dans les cas, encore assez nombreux, où les questions ne sont pas mûres, l'auteur a pris soin de ne laisser dans l'ombre aucune des hypothèses émises. On ne peut, dans l'ensemble, que rendre hommage à son érudition et à son impartialité.

Voici les principales divisions de l'ouvrage : après une courte introduction, un chapitre est consacré à la préparation et à la classification des solutions colloïdales. Puis l'auteur, après une étude sommaire de l'ultramicroscope, en fait l'application au mouvement brownien et aux récents travaux dont il a été l'objet. Les propriétés optiques des colloïdes, en particulier leur action diffusante sur la lumière, puis la mesure des dimensions des particules ultramicroscopiques font l'objet des chapitres suivants. Après cette partie principalement optique de l'ouvrage, l'auteur aborde la partie électrique : d'abord le mouvement des particules colloïdales dans le champ électrique (phénomènes de cataphorèse), puis la coagulation des colloïdes par les électrolytes. Un chapitre sur la théorie de la stabilité des colloïdes, et un autre où sont résumées leurs principales applications, terminent l'ouvrage. Disons enfin que chaque chapitre est suivi d'une bonne bibliographie et qu'un double index placé à la fin facilite la recherche des références.

S'il nous était permis d'exprimer quelques critiques de détail, ce serait surtout pour reprocher à l'auteur d'avoir, par scrupule d'historien, été trop complet sur divers points. Certaines théories et certains travaux surannés auraient, avec avantage, été passés sous silence. L'ouvrage, dont la lecture donne quelquefois l'impression de confusion, y aurait certainement gagné en clarté et en valeur éducative. A quoi bon, par exemple, passer en revue toutes les hypothèses anciennes sur la nature du mouvement brownien et toutes les polémiques auxquelles elles ont donné lieu, alors que la question paraît aujourd'hui entièrement réglée? Pourquoi, encore, consacrer plusieurs pages à l'histoire des progrès du microscope ordinaire, dans un ouvrage où il ne s'agit que de certaines applications de l'ultramicroscope? N'est-ce pas là une question tout à fait étrangère au but de la monographie? C'est sans doute avec le même désir d'être complet que l'auteur adopte la nomenclature compliquée des auteurs allemands qui n'est guère faite pour nous satisfaire.

Le lecteur se rendra compte aisément que ces quelques critiques, qui ne dérivent en somme que d'un excès de conscience de l'auteur, n'enlèvent rien à la valeur pratique de son livre, qui reste très grande.

Eugène Bloch,

Professeur au Lycée Saint-Louis.

2° Sciences naturelles

Recueil de l'Institut botanique Léo Errera, *publié par* **Jean Massart.** *Tome IX. — 1 vol. in-8° de 408 p. avec 81 fig. dans le texte et 5 pl. Lamertin, éditeur, Bruxelles,* 1913.

Parmi les travaux renfermés dans ce volume, on trouve une série de notes de M. Hauman-Merck relatives à *l'éthologie florale de quelques espèces argentines et chiliennes.* L'auteur y étudie spécialement la pollination, qui lui fournit nombre d'observations intéressantes et lui permet de rectifier certaines opinions anciennes. Entre autres remarques curieuses, on peut citer le cas de l'*Elodea callitrichoides*, qui présente une fécondation hydrophile superficielle avec dispersion du pollen, qui est projeté par l'expansion des gaz contenus dans le bouton floral au moment où celui-ci arrive à la surface de l'eau.

Le même auteur donne encore une étude longuement documentée sur *la forêt valdivienne et ses limites.* Située entre la côte du Pacifique et la Cordillière des Andes, sur près de 20° de latitude et 200 km. à peine de largeur, cette forêt, que l'on peut considérer comme une subdivision distincte du domaine des forêts subantarctiques américaines, présente dans son ensemble une grande uniformité de végétation, parce que l'extrême humidité du climat neutralise la plupart des autres facteurs écologiques.

Parmi les arbres caractéristiques, on peut citer en première ligne l'*Eucrypha cordifolia;* puis le *Nothofagus Dombeyi*, abondant dès qu'on s'écarte de la côte, l'*Ætoxicum punctatum*, curieuse Euphorbiacée dont toutes les parties herbacées sont couvertes de poils écailleux dorés, le *Flotowia diacanthoides*, la plus grande des Composées connues, remarquable par l'adaptation défensive des pieds jeunes et des rejets latéraux qui sont munis de longues épines stipulaires manquant totalement sur les branches supérieures des individus adultes; le *Drymis Winteri*, etc.

Les arbustes comprennent comme dominants de nombreuses Myrtacées, ainsi que des Bambous très abondants, mais appartenant tous au genre *Chusquea.*

Les épiphytes sont pour la plupart des Bryophytes, avec peu de Fougères et deux Phanérogames seulement. La flore subalpine est caractérisée par le *Fragaria chiloensis*, de nombreuses Composées, le *Geum andicola*, etc.; la flore alpine, riche en espèces, s'étend jusqu'à 1.900 mètres.

La zone de transition avec le semi-désert patagonique est intéressante par l'allure progressivement xérophytique de la végétation. Les *Eucrypha* et les Bambous disparaissent les premiers, en même temps que les autres espèces arborescentes se rabougrissent au point de devenir parfois rampantes, comme le *Nothofagus antarctica.* Un arbre nouveau, le *Libocedrus chilensis*, fait son apparition.

Quant à la limite méridionale de la forêt, on peut la fixer au voisinage du 46° degré de latitude, où ses éléments sont refoulés par les espèces magellaniques.

M. Massart poursuit la campagne si digne de succès qu'il mène depuis plusieurs années en vue d'obtenir des pouvoirs publics *la création de réserves naturelles* dans lesquelles le développement des plantes et des animaux serait entièrement abandonné au libre jeu des forces de la nature, sans intervention de l'homme. Il existe en Belgique un certain nombre de facies de végétation extrêmement caractéristiques et dont il serait précieux de conserver des espaces importants dans leur intégralité, en vue des études de Biologie : les dunes, les polders, les Hautes Fagnes de la Baraque Michel, la Campine, les rochers de la Meuse en sont les exemples les

plus frappants. Mais il ne faut pas oublier non plus d'autres stations plus modestes où vivent des espèces rares ; ces dernières, en effet, sont ou bien des reliques géologiques, ou des espèces en voie de création, ou les derniers représentants de groupes arrivant à la limite de leur aire de dispersion, ou encore des types exigeant un milieu très particulier, réalisé seulement dans un petit nombre de localités. Faute de réserves naturelles, toutes sont appelées à s'éteindre dans un avenir plus ou moins prochain, au grand détriment des études d'histoire naturelle.

Souhaitons vivement que l'écho de cette utile campagne puisse encore être entendu à la fin du cataclysme actuel, alors que tant de problèmes angoissants seront à résoudre, risquant de reléguer au second plan ceux qui visent surtout à la conservation des documents scientifiques.

Dans un autre travail, M. Massart montre *la nécessité d'une orientation nouvelle dans les études géobotaniques*. Tandis que jusqu'ici toutes les études de ce genre reposaient sur l'observation directe, la méthode expérimentale doit venir compléter une documentation fatalement très incomplète: ce n'est que par l'expérimentation que pourront se résoudre les multiples problèmes se rattachant à la variation, à l'accommodation, à la lutte pour la vie, à l'origine des espèces par mutation et hybridation. Aussi est-ce dans cette voie seulement que les études de Géobotanique pourront évoluer avec une ampleur égale à celle de la science de l'évolution.

Mlle Segers-Laureys étudie *la composition chimique et la structure de quelques Algues officinales : Fucus vesiculosus, F. serratus, Laminaria saccharina, L. flexicaulis, Chondrus crispus et Corallina officinalis*. Elle montre la présence d'une oxydase dans le mucilage des cinq premières espèces; elle constate que l'hydrolyse du mucilage de *Chondrus* donne exclusivement du galactose. L'iode se trouve dans les *Fucus* et les Laminaires à l'état d'iodure de potassium, localisé dans les cellules hypodermiques (*L. saccharina*) ou dans les granulations protoplasmiques des cellules réservoirs (*L. flexicaulis*). L'efflorescence qui couvre les Laminaires séchées est constituée tantôt par de la mannite avec un peu de chlorures et de sulfates (*L. saccharina*), tantôt par un mélange de chlorure de potassium et d'une matière organique.

A noter encore la présence dans le *Chondrus* d'une chromophylle soluble dans la soude diluée avec transformation en chlorophylle.

M. Kufferath publie une importante *contribution à la physiologie d'une Protococcacée nouvelle*, Chlorella luteo-viridis *Chodat nov. sp., var.* lutescens *Chodat nov. var.* Il étudie spécialement la nutrition de cette Algue à l'aide de corps minéraux et organiques. Partant d'un liquide type employé à l'Institut Léo Errera, il montre que l'addition de sulfate de chaux au milieu nutritif exerce une action favorable sur le développement de la plante, tandis que l'acidification de ce milieu par substitution au phosphate de chaux de phosphates acides de potassium et d'ammonium conduit à de mauvais résultats ; il en est de même de l'acidification par un acide organique.

Le carbonate de potasse ajouté à une dose inférieure à 3 °/₀ favorise la croissance de l'Algue. Les substances osmotiques sont supportées en assez fortes proportions: il faut arriver à 10 °/₀ d'azotate de potassium et 5 °/₀ de chlorure de sodium, correspondant à 37 atmosphères, pour provoquer la plasmolyse ; avec le sucre, on observe la chlorose de la plante au delà de 3 °/₀, mais l'arrêt de croissance ne se manifeste qu'à 70 °/₀.

Une deuxième partie du mémoire de M. Kufferath est consacrée à l'action de 130 corps organiques divers sur la végétation du *Chlorella*. Cette Algue a pu en assimiler, tant à la lumière qu'à l'obscurité, un nombre assez important appartenant aux groupes suivants : dérivés des alcools monovalents, bases azotées des radicaux alcooliques (amines), acides gras monobasiques, amides, alcools trivalents, tétravalents et hexavalents, acides bibasiques saturés, acides bibasiques trivalents et tétravalents, acides tribasiques tétravalents dérivés de l'acide carbonique; parmi les hydrates de carbone, les hexoses, les corps des groupes du sucre de canne et de la cellulose, les gommes, les glucosides; parmi les corps intermédiaires entre les séries cyclique et acyclique, l'antipyrine; parmi les corps aromatiques, les dérivés sulfonés des carbures aromatiques, les corps du groupe de l'anthracène, les alcaloïdes de l'opium; enfin divers albuminoïdes plus ou moins complexes.

Dans ces divers milieux, on note fréquemment des modifications de la forme et des dimensions des cellules du *Chlorella*.

Notons encore la disparition progressive des pyrénoïdes lorsque l'Algue est cultivée en milieu sucré; ces corpuscules sont remplacés par du glycogène, qui s'accumule d'abord autour des pyrénoïdes restants, puis dans les chromatophores, et est capable à son tour de donner naissance à des gouttelettes huileuses si les conditions extérieures deviennent peu favorables.

M. W. Conrad, ayant eu la bonne fortune d'avoir à sa disposition un important matériel d'*Eudorina elegans* Ehrenb., a repris complètement l'*étude morphologique* de cette Volvocacée imparfaitement connue. Il rectifie notamment les données relatives aux dimensions des taches oculaires et aux propriétés du cénobe. Ce dernier, conformément à l'opinion de Chodat, présente une polarité bien nette. L'auteur apporte aussi d'intéressantes précisions sur les phénomènes de division des cellules mères, qui deviennent chacune l'origine de 32 cellules filles communiquant entre elles par de fins prolongements protoplasmiques.

L. Lutz,

Professeur agrégé
à l'Ecole supérieure de Pharmacie de Paris.

3° Sciences diverses

Cambon (Victor). — **Notre Avenir.** — *1 vol. in-16 de 280 pages. (Prix : 3 fr. 50). Librairie Payot et Cie, 106, boulevard Saint-Germain, Paris,* 1916.

L'auteur de ce livre, M. Victor Cambon, s'était déjà fait connaître par deux ouvrages fort intéressants : *L'Allemagne au travail* (1909) et *Les derniers progrès de l'Allemagne* (1914); mais son nom s'est répandu surtout dans le grand public à la suite de la courageuse conférence qu'il fit le 25 juin 1915 devant la Société des Ingénieurs civils de France et qui lui valut l'interdiction de prendre momentanément la parole en public.

Dans cette conférence, qu'il intitule : *Vers l'expansion industrielle*, et qui est reproduite en tête du présent volume, l'auteur cherche les causes de la prodigieuse emprise de l'industrie et du commerce allemands en France et les remèdes à une infériorité qu'il s'agit de faire cesser. C'est la même idée générale qui inspire les autres chapitres du livre : l'enseignement technique, les matières colorantes en Allemagne et en France, l'industrie américaine et l'industrie allemande, la main-d'œuvre et le système Taylor, l'esprit de la boutique, l'Administration devant le pays, les mesures économiques, la vigueur de la race, etc... Il n'est pas douteux qu'une issue, même très heureuse, de la guerre sur le terrain militaire ne résoudra pas toutes les questions qui se posent à l'heure actuelle et que notre avenir, dans tous les domaines, ne sera véritablement assuré que par des réformes intérieures profondes. Si M. Cambon s'exprime en termes parfois virulents sur les erreurs du passé et si certaines de ses solutions peuvent prêter aussi à la critique, on n'en lira pas moins avec intérêt ce livre qu'inspirent une grande connaissance de notre situation industrielle et économique, un robuste bon sens et un ardent patriotisme.

A. R.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 24 Juillet 1916

M. le Président annonce le décès de Sir **William Ramsay**, Associé étranger.

1° Sciences mathématiques. — M. **A. Mesnager** : *Sur les déplacements des points d'une plaque rectangulaire.* L'auteur démontre les propositions suivantes : 1° une charge appliquée en un point quelconque d'une plaque rectangulaire posée (c'est-à-dire articulée le long du contour et assujettie à passer par tout le contour) provoque l'abaissement de tous les points de la plaque; 2° sous l'action d'une charge, une plaque posée au sens rigoureux, c'est-à-dire libre de se soulever au-dessus du contour, se soulève toujours aux abords des angles.

2° Sciences physiques. — M. **G. Bigourdan** : *Sur la propagation du son à grande distance.* L'auteur signale qu'on entend la canonnade du front à une distance encore plus grande qu'on ne l'avait précédemment indiqué. On l'a perçue nettement, en effet, dans des localités voisines des villes suivantes : Londres, Brighton, Caen, Mortain, Bagnoles-de-l'Orne, Blois, Bourges, Nevers, Beaune, Verdun-sur-Doubs, Annecy, Chamonix, soit à une distance d'au moins 300 kilomètres. — M. **M. de Broglie** : *Sur la bande d'absorption K des éléments pour les rayons X, suivie du brome au bismuth, et l'émission d'un tube Coolidge vers les très courtes longueurs d'onde.* Les mesures de l'auteur montrent qu'on peut suivre la bande d'absorption d'un élément pour les rayons X, c'est-à-dire indirectement la raie la plus courte du groupe K de son spectre d'émission, au moins jusqu'au bismuth quand on parcourt la série des éléments de poids atomique croissant. L'angle de 1°20' du Bi correspond à une longueur d'onde de $1,3.10^{-9}$ cm.; mais le thorium se place encore plus loin. Les positions des bandes, qui paraissent indépendantes de l'état physique ou chimique des éléments qu'elles caractérisent, peuvent servir de base à une méthode d'analyse spectrale rapide et commode. L'auteur met également en évidence, dans le rayonnement d'une ampoule, la présence de rayons notablement plus pénétrants que les rayons K de son anticathode. — Mlle **Paule Collet** : *Sur le fonctionnement des galènes employées comme détecteurs.* La sensibilité d'un point du cristal peut être détruite par la rupture d'équilibre que provoque une onde trop forte; par contre, des ondes faibles et prolongées peuvent orienter les particules cristallines de façon que le point redevienne sensible. — MM. **Massol** et **Faucon** : *Sur l'absorption des radiations ultraviolettes par les dérivés bromés du méthane.* La bande caractéristique du brome en dissolution ($\lambda = 295$ à 248) ne se retrouve dans aucun des dérivés bromés du méthane. Ces composés sont d'autant plus transparents pour les radiations ultraviolettes qu'ils renferment moins de brome. Chaque dérivé bromé est moins transparent que le dérivé chloré correspondant, examiné dans les mêmes conditions de concentration et d'épaisseur. — M. **E. Moles** : *Sur la densité du gaz HBr. Contribution à la revision du poids atomique du brome.* HBr a été préparé par l'action de Br sur la naphtaline chauffée à 200°. L'excès de Br a été fixé par le passage du gaz dans un laveur à paraffine chauffée à 180°, et HBr a été purifié ensuite par barbotage et distillations fractionnées. La valeur moyenne du poids du litre normal, déduite de 33 déterminations, est de $3,64442 \pm 0,00013$ gr. L'auteur a ensuite déterminé le poids du litre de HBr sous pression réduite, en vue de calculer le coefficient de compressibilité et le poids moléculaire exact de HBr. Ce dernier, rapporté à $O = 16$, est 80,934, ce qui donne pour poids atomique provisoire de Br la valeur 79,926.

3° Sciences naturelles. — M. **J. Répelin** : *Sur l'âge des dépôts oligocènes des bassins d'Aix et de Marseille et, en particulier, des argiles des Milles et des lignites de Saint-Zacharie.* L'étude des faunes de ces dépôts permet d'assimiler raisonnablement le calcaire de Luynes au calcaire de Lestaque (Lattorfien) dont il a les caractères pétrographiques, et les argiles des Milles à celles de Saint-Henri (Rupélien). Les formations de Saint-Zacharie, même les plus inférieures, malgré la présence d'un *Palæotherium* de taille moyenne, doivent être attribuées au Lattorfien, comme le prouve la présence, dans les couches ligniteuses de la base, de restes d'un grand *Anthracotherium* de la taille de ceux des Milles et de Saint-Henri. — M. **L. Vialleton** : *Le développement ontogénique et les organes analogues.* L'auteur montre que la marche tout entière du développement, aussi bien dans ses lignes principales que dans ses traits secondaires, est de la plus haute importance morphologique. Elle explique pourquoi certains organes, destinés à remplir la même fonction, ne peuvent pas réaliser dans un groupe certaines adaptations qu'ils atteignent facilement dans un autre; elle limite les possibilités évolutives et caractérise en définitive toute l'organisation. C'est pourquoi les formules qui la traduisent explicitement, comme faisaient celles de von Baer, sont plus compréhensives et plus fécondes que d'autres conceptions embryologiques par quoi on a prétendu les remplacer, comme par exemple la théorie de la gastrula. — Mmes **M. Lapicque** et **C. Veil** : *Vitesses musculaires mesurées par la chronaxie dans les différentes cavités du cœur et les faisceaux de passage.* Les auteurs ont cherché à déterminer les vitesses musculaires propres aux différentes cavités cardiaques en prenant comme mesure leur chronaxie. Elles ont expérimenté sur quelques Vertébrés inférieurs : grenouille, tortue et poisson rouge. On constate un remarquable isochronisme des différentes cavités cardiaques; toutefois, une partie bien déterminée a donné d'une façon constante une chronaxie plus élevée : c'est un faisceau musculaire unissant l'oreillette au ventricule et qu'on peut suivre en remontant jusqu'au sinus. — MM. **J. Camus** et **Nepper** : *Temps des réactions psychomotrices des candidats à l'aviation.* A propos d'une note récente de M. Lahy (voir p. 492), les auteurs rappellent qu'ils ont mesuré antérieurement les temps des réactions psychomotrices chez des aviateurs et qu'ils ont trouvé des valeurs très proches des moyennes classiques : 196 millièmes de seconde pour les réactions visuelles, 147 millièmes pour les réactions auditives, et 150 pour les réactions tactiles. Les chiffres considérablement inférieurs trouvés par M. Lahy sont dus sans doute à une technique défectueuse. M. **Ch. Richet** est d'un avis analogue. — M. **H. Bierry** : *Sur la recherche des bacilles tuberculeux dans les crachats.* La technique de l'auteur consiste à liquéfier d'abord les expectorations et à provoquer ensuite un dépôt qui, par centrifugation, donne sous un petit volume les bacilles qui étaient disséminés dans la masse visqueuse, bacilles qu'il est dès lors facile de colorer. La liquéfaction des crachats est obtenue par addition d'eau distillée, d'hypochlorite de soude en quantité très faible et de soude diluée, aux environs de 35° à 38°. Au mélange, on ajoute, jusqu'à réaction faiblement acide, de l'acide acétique dilué; on détermine ainsi la formation d'un premier précipité, qui se dépose rapidement par centrifugation et qui renferme, en outre des bacilles de Koch, de la mucine, des nucléoprotéides et des alcalialbumines. La division du précipité est obtenue par agitation de la

liqueur, pendant la neutralisation, dans un tube de verre bouché. Le premier précipité est séparé du liquide, qu'on décante; le liquide décanté est additionné d'acide acétique jusqu'à obtention d'un second précipité; on réalise ainsi, par précipitation fractionnée, l'entraînement global des bacilles tuberculeux contenus dans la liqueur.

Séance du 31 Juillet 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **H. Arctowski** : *Influence de Vénus sur la latitude héliographique moyenne des taches solaires.* Ayant constaté que la Terre produit, dans le cours de sa rotation autour du Soleil, un déplacement sensible de la latitude moyenne des taches, l'auteur a cherché à vérifier le fait pour Vénus. Il a utilisé les latitudes moyennes des taches relatées dans les observations héliographiques de Greenwich. Traduits graphiquement, les chiffres donnent une courbe suffisamment régulière pour qu'il soit admissible que la différence de 7° entre le maximum et le minimum puisse être attribuée à l'action de Vénus. Mais ce n'est pas lorsque Vénus se trouve par la latitude solaire la plus boréale que la latitude moyenne des taches est la plus positive, mais environ 5 rotations plus tard. Il en est de même du minimum. Dans ces conditions, il serait difficile de décider si l'action de Vénus est directe ou inverse.

2° Sciences physiques. — MM. **J. Bergonié** et **Ch.-Ed. Guillaume** : *Instruments de chirurgie adaptés au champ de l'électro-vibreur.* Les auteurs préconisent, pour la fabrication des instruments utilisés dans le champ de l'électro-vibreur, un métal à la fois non magnétique et de haute résistivité, ce qui supprime les vibrations. L'alliage *baros*, contenant 90 % environ de nickel avec du chrome, du manganèse et éventuellement du cuivre, remplit bien ces conditions. — M. **A. Colani** : *Oxalates d'uranyle et de potassium.* L'auteur a étudié le système eau-oxalate d'uranyle-oxalate neutre de potassium et a reproduit les oxalates doubles déjà connus $K^2(UO^2)^2(C^2O^4)^3.4H^2O$ et $K^6(UO^2)^2(C^2O^4)^5.10H^2O$, en précisant leurs conditions de formation, et mis en évidence l'existence du sel anhydre $K^2(UO^2)(C^2O^4)^2$ non encore obtenu. L'hydrate à $3H^2O$ préparé par Ebelmen ne se forme pas à la température ordinaire, mais il existe peut-être au-dessous de 50°. Toutes les solutions de ces oxalates donnent les caractères analytiques des sels d'uranyle; il s'agit donc bien de sels doubles. — M. **C. Zenghelis** : *Sur la composition et l'emploi du feu grégeois.* Des recherches de l'auteur il résulterait que le secret du feu grec ou grégeois consistait dans la préparation de mélanges explosifs et incendiaires à base de nitre, et que la force impulsive des gaz produits par la partie explosive servait à lancer contre l'ennemi l'autre partie incendiaire. L'ingénieur Callinicus, auquel remonte cette découverte, serait donc l'inventeur de la poudre et du canon primitif. — MM. **F. Diénert** et **L. Gizolme** : *Influence des algues des filtres à sable submergé dans l'épuration des eaux.* Les auteurs ont reconnu que le pouvoir épurateur des filtres submergés non couverts est fonction du développement et de la vitalité des algues et peut être mesuré par la réduction de l'alcalinité de l'eau. Il y a là un moyen de contrôle rapide de la marche des filtres, qui éclaire et complète les résultats de l'analyse bactériologique. — M. **E. Fleurent** : *Sur un procédé de conservation du pain destiné particulièrement aux prisonniers de guerre.* Après une année de pratique, le procédé préconisé par l'auteur (voir la *Revue* du 15-30 août 1915, p. 490) a donné des résultats absolument satisfaisants.

3° Sciences naturelles. — MM. **C. Galaine** et **C. Houlbert** : *Pour chasser les mouches de nos habitations.* Les auteurs ont constaté que dans les pièces dont les fenêtres sont garnies de carreaux bleus, avec de petits volets mobiles de place en place, les mouches n'entrent généralement pas. Celles qui peuvent avoir pénétré dans la pièce pendant l'aération deviennent inactives ou sortent rapidement par les volets mobiles dès qu'on a fermé les fenêtres. Comme les carreaux bleus diminuent sensiblement l'éclairage, on peut les remplacer par un mélange de carreaux bleus, verts, jaunes et même rouges, qui donne pratiquement le même résultat.

Séance du 7 Août 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **Ch. Camichel** : *Sur les coups de bélier; examen de l'état d'une conduite.* L'auteur décrit quelques moyens que l'on peut employer pour déterminer l'état d'une conduite : 1° la méthode de la dépression brusque décrite par lui permet de déterminer la vitesse a de la propagation de l'onde; si la valeur trouvée pour a concorde avec la formule de M. Allievi, la conduite peut être considérée comme entièrement purgée d'air; 2° pour déterminer la position d'une poche d'air, il suffit d'utiliser la propriété suivante : la dépression provoquée à l'extrémité aval de la conduite, rencontrant une poche d'air, se réfléchit avec changement de signe sur celle-ci; 3° l'emploi des fermetures complètes, de durée inférieure à $2l/a$, permet également de savoir si la conduite est complètement purgée; dans ce cas, la surpression doit être égale à av_0/g, v_0 désignant la vitesse de l'eau dans la conduite au moment de la fermeture.

2° Sciences naturelles. — M. **Ch. Richet** : *De la variation mensuelle de la natalité.* Pour un même pays, le maximum mensuel des naissances se trouve apparaître chaque année à peu près aux mêmes époques. Pour tous les pays de l'hémisphère boréal, on retrouve ce maximum mensuel en février-mars; dans l'hémisphère austral, ce maximum est en août-octobre, c'est-à-dire à une distance de 6 mois du maximum mensuel de notre hémisphère. Le maximum mensuel des naissances correspond à un maximum des conceptions du 5 mai au 5 juin de l'année précédente. Le maximum mensuel des naissances ne correspond pas à un maximum mensuel de mariages, Bertillon ayant montré qu'il est le même pour les naissances légitimes et illégitimes. Il n'est pas non plus en rapport avec la nationalité, ni la mortinatalité, ni la richesse et les conditions sociales. Il est en rapport avec le climat, c'est-à-dire avec la température. C'est un phénomène physiologique, et non psychologique. Pour l'auteur, les conditions physiologiques de la maturation de l'ovule et de sa fécondation ne sont pas également favorables dans toutes les périodes de l'année. Par suite d'une ancestrale prédisposition, au moment du printemps, chez la femme, comme chez la plupart des animaux, mais moins nettement que chez eux, la maturation, la chute et la fécondation de l'ovule se font dans des conditions meilleures et plus assurées. — M. **R. Souèges** : *Les premières divisions de l'œuf et l'origine de l'hypophyse chez le* Capsella Bursa-pastoris *Moench.* L'auteur montre que la cellule intermédiaire tire son origine, non pas de la cellule apicale, mais de la cellule basale du proembryon bicellulaire. Aux dépens de cette cellule intermédiaire se forment généralement six cellules superposées; c'est la cellule la plus rapprochée de l'embryon proprement dit qui s'individualise comme hypophyse en prenant une forme bombée supérieurement et en se cloisonnant d'une manière qui lui est propre. — M. **Paul Choffat** : *Les roches éruptives filoniennes intrusives de la région située au nord du Tage.* Les dykes de roches éruptives existent en quantité considérable dans toute la contrée située au nord du Tage. Ils forment en général des groupes ayant une même orientation, quoique l'on voie parfois des dykes traversant perpendiculairement un autre groupe. Certains dykes, se trouvant au milieu de sills dont ils ont l'orientation, donnent l'impression que sills et dykes ont la même origine. Chaque groupe de dykes est en général formé par un même type pétrographique, mais l'on remarque parfois le passage d'un type à un autre dans le même dyke. Ces dykes sont constitués par du basalte compact, avec ou sans présence de brèches éruptives ou de lambeaux du calcaire crétacique supérieur. Les sills sont quelquefois basaltiques,

mais plus généralement formés de labradorites, andésites et surtout trachyandésites.

Séance du 14 Août 1916

1° Sciences physiques. — M. **E. Esclangon** : *Sur les coups de canon et les zones de silence.* D'après l'auteur, on peut classer les détonations perçues à la suite du tir de l'artillerie en trois catégories : A) les détonations provenant de la brusque expansion des gaz à la bouche des canons (coups de canon proprement dits); B) les détonations provenant du sillage aérien des projectiles animés de vitesses initiales supérieures à la vitesse du son; C) les explosions de projectiles. Près du front, ces trois sortes de détonations sont perçues; mais celles des catégories A et C sont habituellement éteintes à 30 kilomètres déjà, tandis que celles de la classe B se propagent, au contraire, à des distances considérables. L'auteur explique les zones de silence par l'existence de caustiques sonores, dues au changement de direction et de vitesse du vent avec l'altitude, et sur lesquelles l'intensité du son est considérablement renforcée, tandis qu'à des distances moindres le son est imperceptible. — M. **L. Bouchet** : *Dilatation électrique des isolants solides dans le sens normal à un champ électrostatique.* L'auteur a mesuré, sur le verre, la paraffine et l'ébonite, la dilatation qui se produit sous l'influence d'un champ électrostatique. Les dilatations observées croissent en même temps que les inverses des modules d'Young des substances, ce qui laisse entrevoir une dépendance entre les déformations électriques et les modules d'élasticité. Les actions extérieures, telles les pressions électrostatiques, ne produisent aucun effet sensible sur l'allongement de l'isolant.

2° Sciences naturelles. — M. **Ch. Richet** : *Des conditions qui influent sur l'écart mensuel moyen de la natalité.* L'auteur a déterminé pour un certain nombre de pays l'écart mensuel moyen de la moyenne du nombre des naissances. Dans les pays à forte natalité, cet écart mensuel moyen est plus de deux fois plus grand que dans les pays à natalité faible. Si l'on compare également le décroissement avec le temps de l'écart mensuel moyen, on constate qu'il est parallèle au décroissement de la natalité. Cette diminution de l'écart mensuel moyen est l'indice absolument net de la limitation volontaire du nombre des naissances par les époux. — MM. **Ed. Lesné** et **Phocas** : *Présence de micro-organismes vivants et virulents à la surface de projectiles inclus dans des tissus cicatrisés.* Les auteurs ont reconnu l'existence de micro-organismes vivants, et même virulents, à la surface de projectiles enfouis dans les tissus, alors que la plaie d'entrée était complètement cicatrisée depuis plusieurs mois et que la blessure datait de 1 à 7 mois.

Séance du 21 Août 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **V. Kostitzin** : *Sur la périodicité de l'activité solaire et l'influence des planètes.* L'auteur attribue la cause de la périodicité de l'activité solaire aux conditions initiales de la nébuleuse primitive; mais il est possible que les planètes provoquent des cycles secondaires se superposant au cycle principal. Les planètes peuvent agir soit par des marées gravitationnelles, soit par des marées électromagnétiques. Toutefois, l'auteur présente des objections aux méthodes employées par M. Arctowski pour mettre en évidence l'influence des planètes sur l'activité solaire.

2° Sciences physiques. — M. **H. Bordier** : *Action de la lumière sur l'iode et l'iodure d'amidon en milieu aqueux.* L'auteur a remarqué que les solutions aqueuses d'iode et d'iodure d'amidon, placées dans des flacons de verre blanc, sont complètement décolorées après exposition de quelques heures à la lumière, tandis qu'elles conservent leur coloration dans l'obscurité. Ces solutions sont très commodes pour apprécier la qualité de protection des différents verres employés en chimie et en pharmacie pour soustraire certaines substances à l'altération par la lumière; le verre jaune n'a aucune valeur protectrice. — M. **A. Blanchetière** : *Relations entre la constitution chimique de certains dérivés des amino-acides et le mode d'attaque de ceux-ci par les bactéries.* L'auteur, en faisant agir le bacille fluorescent liquéfiant de Flügge sur l'asparagine, a observé la production d'acide succinique par l'intermédiaire de l'acide malique; or Emmerling a obtenu de son côté la production d'acide fumarique. Ces deux faits peuvent s'expliquer par la formation intermédiaire d'un acide α-cétonique (ac. oxalacétique) existant sous deux formes tautomères : une forme cétonique, dont la réduction conduit à l'acide malique, puis à l'acide succinique, et une forme énolique, dont la réduction conduit à l'acide fumarique. Certaines races du bacille fluorescent agissent de préférence sur la forme cétonique et d'autres sur la forme énolique. — MM. **Ch. Dhéré** et **G. Vegezzi** : *Influence exercée par le degré de réduction des hémochromogènes sur leurs propriétés spectrales.* Soit l'hémochromogène acide, soit l'hémochromogène alcalin offrent, en solutions alcoolo-aqueuses, des spectres d'absorption très différents suivant que la réduction a lieu en tube scellé ou en tube ouvert. Les hémochromogènes obtenus en tube scellé diffèrent des autres en ce qu'ils constituent des produits de réduction *complète*.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Sur quelques roches volcaniques mélanocrates des Possessions françaises de l'océan Indien et du Pacifique.* Ces roches sont des formes mélanocrates de basaltes feldspathiques; elles sont hétéromorphes de péridotites et de pyroxénolites. Ce sont : 1° des picrites feldspathiques, abondantes à Tahiti, et retrouvées depuis à la Réunion, renfermant de 70 à 85 o/o d'éléments colorés (plus de péridot que de pyroxène) et dont la structure varie de la microlitique à la doléritique; elles renferment peu d'alumine et d'alcalis, beaucoup de magnésie et peu de chaux; 2° des ankaramites, plus calciques que les précédentes, un peu moins ferrugineuses et un peu plus riches en silice; le pyroxène y prédomine sur le péridot; on les trouve à Madagascar et à la Grande Comore.

Séance du 28 Août 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Hartmann** : *Sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur par le procédé de Hirn.* La détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur au moyen de l'écrasement d'une masse de plomb comprise entre deux blocs formant pendule et servant, l'un de marteau, l'autre d'enclume, est fondée sur l'hypothèse que, si le choc était purement élastique, la somme des forces vives des deux blocs, après leur rencontre, serait égale à la force vive initiale du bloc-marteau. L'auteur ayant soumis cette hypothèse au contrôle d'une expérience rigoureuse a reconnu qu'elle n'est pas confirmée et qu'on n'est pas en droit de considérer comme équivalentes la différence des forces vives évaluées avant et après le choc et la quantité de chaleur dégagée par l'écrasement du plomb. Cette non-conservation systématique de la force vive dans le choc élastique des corps entraîne des conséquences importantes.

2° Sciences physiques. — M. **G. A. Le Roy** : *Un réactif du chlore libre dans les eaux d'alimentation urbaines.* Le chlorhydrate d'hexaméthyltriparaminotriphénylméthane, en dissolution aqueuse, étant ajouté à la dose de quelques millièmes à une eau susceptible de renfermer des traces de chlore actif, engendre, dès que l'eau contient environ 3 cent millionièmes de Cl, une coloration violette *immédiate*, dont l'intensité varie selon la teneur en chlore libre. Ce réactif est plus sensible que l'iodure amidonné. Il est inactif sur l'eau pure, aérée ou non, sur les eaux douces non hypochloritées, sur l'eau de Seine; il est peu sensible à l'action des nitrites.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *La constitution des roches volcaniques de l'Archipel des Comores.* L'Archipel des Comores est entièrement volcanique, mais l'activité éruptive est depuis longtemps localisée à la

Grande Comore. Dans cette dernière, les roches volcaniques sont constituées par des basaltes et des ankaramites, avec des matériaux de projection basaltiques. A Anjouan, les basaltes abondent, avec des phonolithes et une andésite à hornblende. Mayotte présente des basaltes et une trachyandésite à hornblende. A Dzaoudzi et Pamanzi, on trouve des blocs de tinguaïte au milieu des scories basaltiques et des cendres et ponces trachytiques. Les types les plus fréquents des roches basaltiques sont mésocrates : on peut y distinguer deux variétés : la première est pauvre en olivine ou n'en renferme pas; la seconde contient en quantité plus ou moins grande des phénocristaux d'olivine avec ou sans phénocristaux d'augite.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 25 *Juillet* 1916

M. le Président annonce le décès de Sir **Victor Horsley**, Associé étranger.

M. **Béclère** : *La radiothérapie des néoplasmes intra-abdominaux d'origine testiculaire.* L'auteur signale le cas d'un homme porteur d'une énorme tumeur splénique maligne, à développement très rapide, formée à la suite de l'enlèvement d'un testicule ectopié douloureux, et qui était arrivé aux dernières limites de la cachexie. L'application de la radiothérapie a été suivie d'un succès aussi rapide qu'extraordinaire. En 5 mois, la tumeur a complètement disparu et le malade a regagné les 24 kilogrammes qu'il avait perdus depuis le commencement de la maladie. Ce succès s'est maintenu depuis 5 ans sans récidive. L'auteur conclut que, lorsque l'exérèse chirurgicale des tumeurs est impossible, il convient de ne pas désespérer et de recourir à la radiothérapie comme au seul traitement rationnel; sans doute, on échouera souvent, mais on réussira parfois, temporairement du moins. — M. **A. Rodet** : *Sérothérapie antityphoïdique. Préparation du sérum.* L'auteur a préparé un sérum antityphoïdique par l'injection intraveineuse au cheval de cultures en bouillon faites dans des conditions propres à assurer un fort rendement en toxine dissoute. Le cheval reçoit d'abord des doses progressivement croissantes; à partir d'un certain optimum, réalisé en 4 ou 5 mois, on pratique une saignée, puis on reprend le traitement avec une dose réduite. La même méthode est applicable à la préparation d'un sérum antiparatyphique.

Séance du 1er *Août* 1916

M. le Président annonce le décès de Sir **William Ramsay**, Associé étranger, et de M. **Al. Layet**, Correspondant national.

MM. **Ch. Nicolle** et **L. Blaizot** : *Sur les résultats de la sérothérapie dans le traitement du typhus exanthématique.* Les auteurs ont préparé un sérum antiexanthématique par inoculation intra-veineuse, à l'âne et au cheval, de capsule surrénale et de rate virulente enlevées à un cobaye atteint de la maladie. 38 malades ont été traités par ce sérum ; il n'y a eu qu'un seul décès, dû d'ailleurs à une complication sans rapport avec l'infection typhique. Le sérum agit à la fois sur la température, qui baisse rapidement, sur les symptômes nerveux, qui n'apparaissent pas ou rétrocèdent aussitôt, sur l'état général, qui est très amélioré, sur la durée de l'affection, qui est inférieure à la moyenne habituelle. Il y a intérêt à commencer le traitement sérothérapique dès le début de l'affection ; il faut renouveler quotidiennement les inoculations jusqu'à la défervescence.

Séance du 8 *Août* 1916

M. **Petzetakis** : *L'iodo-réaction ; sur une nouvelle réaction urinaire pour le pronostic de la tuberculose pulmonaire et le diagnostic de la fièvre typhoïde.* L'iodo-réaction consiste à faire agir sur l'urine l'iode, soit en solution aqueuse additionnée d'iodure de potassium, soit en solution alcoolique à 5%. La réaction reste négative quand aucun changement de couleur n'apparaît ; elle est positive si la couche supérieure de l'urine prend une teinte jaune d'or plus ou moins intense. Cette réaction est le plus souvent positive dans la tuberculose ouverte ; elle est alors un signe de mauvais pronostic. Elle paraît constante dans la fièvre typhoïde et peut servir au diagnostic, car elle précède la réaction agglutinante. — M. **A. Rodet** : *Sérothérapie antityphoïdique. Application.* Le sérum préparé par l'auteur a déjà servi au traitement de 400 malades. Lorsqu'il est administré assez tôt, en l'absence de complications établies, à doses suffisantes et convenablement espacées, dans la grande majorité des cas il prévient les progrès de l'intoxication, atténue les troubles toxiques déjà existants, amorce la défervescence et finalement abrège la durée de la maladie. Pour avoir toute son efficacité, le sérum doit être donné avant le 11e jour de la période fébrile ; plus tard, les effets, sans être nuls, sont inconstants et moins accentués. — M. **G. Etienne** : *Reviviscence d'un ancien foyer de paludisme autochtone dans la vallée de la Seille.* L'existence d'un foyer paludéen dans la vallée de la Seille, aux environs de Nomény, est une très vieille notion de pathologie régionale ; mais depuis de nombreuses années on n'a jamais vu dans les centres hospitaliers de Nancy, ni en ville, un seul paludéen inoculé dans la région. Or, depuis le 1er janvier 1915, l'auteur a observé dans les hôpitaux de Nancy 6 cas de paludisme chez des militaires, n'ayant jamais habité antérieurement un pays à fièvre, et ayant tous cantonné sur les bords de la Seille. Le réveil du foyer de paludisme dans la région peut être attribué soit à l'apport par des soldats coloniaux d'un virus neuf et plus virulent réinfectant les anophèles du pays, soit aux travaux de terrassement ayant été effectués pour l'établissement des tranchées.

Séance du 22 *Août* 1916

M. le Président annonce la mort de M. **A. Charpentier**, Correspondant national.

M. **Grimbert** présente le Rapport de la Commission nommée pour étudier la question du *contrôle des thermomètres médicaux.* Comme conclusion, l'Académie, considérant qu'un grand nombre de thermomètres médicaux sont mis en vente sans présenter aucune garantie d'exactitude, ce qui peut entraîner de graves erreurs de diagnostic, émet le vœu : 1° que les pouvoirs publics interviennent pour rendre obligatoire le contrôle officiel de ces instruments, et qu'aucun thermomètre destiné à l'usage médical ne puisse être mis en vente en France sans avoir été contrôlé; 2° qu'afin de favoriser l'industrie nationale, une marque de garantie soit apposée par le fabricant sur les thermomètres d'origine française et que ces derniers soient seuls admis dans les services des grandes administrations ; 3° que la taxe exigée par le contrôle soit abaissée suffisamment pour que le prix de revient de chaque thermomètre n'en soit augmenté que dans de faibles proportions. — M. **Kermorgant** : *Sur l'épidémie de peste qui a sévi à Dakar et au Sénégal d'avril 1914 à février 1915.* Une épidémie de peste qui a duré neuf mois, d'avril 1914 à février 1915, a sévi à Dakar et dans les environs sur une population approximative de 20.000 habitants et a occasionné un minimum de 1.425 décès, sans compter les décès cachés, soit une mortalité minima de 54 ‰. Parmi les Européens, il n'y a eu que 7 cas suivis de 3 décès. Les mesures prophylactiques employées ont été : l'enfouissement des cadavres dans la chaux vive ou une solution de crésyl, l'isolement des contaminés, l'incinération ou la désinfection des cases, la vaccination avec la lymphe de Haffkine (à Dakar, 13.596 vaccinations sur environ 8.000 indigènes), enfin la destruction des rats par différents moyens. — M. **M. Dubard** : *Note sur l'emploi de l'hypochlorite de magnésie en chirurgie.* L'auteur recommande aux chirurgiens-accoucheurs et aux sages-femmes, comme agent de désinfection des plaies et de la peau, l'hypochlorite de magnésie, malgré son instabilité et peut-être même à cause de cela. Son innocuité est absolue et son pouvoir bactéricide considérable ; sa préparation est facile et peu coûteuse.

Séance du 29 Août 1916

M. A. Chantemesse : *Résultats de la vaccination antityphoïdique dans la Marine française.* Du 1er août 1914 au 1er avril 1916, environ 80.000 marins ont été vaccinés complètement ou incomplètement avec le vaccin de l'auteur, tandis que 60.000 environ sont restés indemnes de toute vaccination. Parmi les premiers, on a constaté 136 cas de typhoïde ou paratyphoïdes, avec 10 décès, soit une mortalité des atteints de 7 ‰; parmi les seconds, on a observé 525 cas, avec 77 décès, soit une mortalité des atteints de 14 ‰. — **M. E. Maurel** : *De l'utilisation de nos corps gras coloniaux pour remédier à l'insuffisance de nos corps gras métropolitains.* L'auteur montre : 1° que l'huile d'arachide et la graisse de coco, telles que l'industrie, sous la surveillance de l'Etat, peut les fournir en ce moment, ne sont pas nuisibles à la santé ; 2° que la valeur calorifique de l'huile d'arachide, à poids égal, est sensiblement la même que celle de nos huiles d'olive et de noix ; 3° que la graisse de coco (cocose et végétaline), également à poids égal, a aussi sensiblement la même valeur calorifique que les graisses d'origine animale, la graisse de porc et le beurre. L'utilisation plus étendue de ces corps gras, fournis par nos propres colonies, assurerait largement les besoins de notre population.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 22 Juillet 1916

M. P. Nolf : *Action hémostatique de la peptone dans les hémorragies de la fièvre typhoïde.* Il résulte des observations de l'auteur que les hémorragies intestinales de la fièvre typhoïde peuvent dépendre, au moins en partie, d'un défaut de coagulabilité du sang et qu'il y a lieu de leur opposer les agents qui, comme la peptone, augmentent cette coagulabilité. Les injections intraveineuses de peptone semblent d'ailleurs un moyen efficace à opposer aux infections du milieu humoral, aux états septicémiques, quelle que soit la nature du germe pathogène. — **M. Petzetakis** : *Vaccinothérapie antityphoïdique intra-veineuse.* L'auteur a employé le vaccin antityphique, non pas en injections sous-cutanées, mais par la voie intra-veineuse, dans le but d'agir plus efficacement sur la marche de la maladie. L'injection est suivie d'une forte réaction thermique, qui dure 2 à 5 heures environ, à laquelle succède une sudation abondante et la chute de la température, avec amélioration de l'état général. — **M. B. A. Houssay** : *Contribution à l'étude de l'hémolysine des araignées.* L'auteur a trouvé des hémolysines dans les espèces : *Araneus erythromela*, *A. amaurophyla et Latrodectus nactans.* Le pouvoir hémolytique le plus fort se trouve dans les œufs ; il n'existe pas chez les mâles. Les hémolysines n'entrent pas dans la composition du venin avec lequel les araignées tuent les mouches. Les globules rouges des divers animaux sont plus ou moins sensibles à ces hémolysines ; l'action optima est vers 37°. Les hémolysines ne sont pas dialysables. On peut immuniser le lapin avec chacune de ces hémolysines. — MM. **Loeper, Barbarin** et **Verpy** : *Utilisation de l'agar-agar dans le pansement des plaies.* La gélose absorbe et draine les liquides quels qu'ils soient ; elle se dilate, se moule sur une cavité et la maintient béante ; elle se dessèche lentement et garde une humidité permanente ; elle incorpore des antiseptiques et en augmente la stabilité ; elle s'en débarrasse rapidement par lavages et se recharge en quelque sorte indéfiniment ; elle est un très mauvais milieu de culture. Pour toutes ces raisons, elle peut être utilisée en pansements. — **M. A.-Ch. Hollande** : *Coloration noire des coupes histologiques par l'emploi du chlorocarmin à l'alun de fer.* La méthode au chlorocarmin présente tous les avantages des colorations au carmin boraté ou aluné ; la grande richesse des solutions en carmin, l'absence de produits alcalins ou acides en font un colorant de choix pour les pièces *in toto* et les coupes. Les colorations fournies par le carmin au fer rappellent celles obtenues avec l'hématoxyline au fer ; dans les deux cas, la couleur noire est due à la formation d'un sel ferrique noir ; toutefois, avec le carmin sans mordançage la teinture est primaire, tandis que, avec l'hématoxyline qui ne colore pas sans mordançage, elle est secondaire, d'où une comparaison possible des grains sidérophiles et des grains carminophiles. Enfin, par l'emploi d'une solution étendue d'alun de fer, la méthode du carmin au fer permet de réaliser directement une différenciation chromatique très marquée des divers tissus et des éléments cytologiques, dont les couleurs varient du rouge au violet et du brun au noir. — **M. L. Bourdet** : *Sur l'acidification des milieux de culture par les sels alcalins de ces milieux pendant la stérilisation à l'autoclave.* L'auteur a reconnu que le chauffage subi par les milieux de culture bactériologiques courants, en vue de leur stérilisation, produit une acidification marquée de ces milieux par l'action de certains sels sur les sucres et sur les peptones. Aussi il recommande : 1° de ne faire des provisions que de bouillon non peptoné et non alcalinisé : 2° de stériliser le bouillon par filtration à la bougie après l'addition de la peptone et l'alcalinisation ; 3° de stériliser à part et de mélanger aseptiquement à froid les sucres destinés à la confection des milieux ; 4° de stériliser à part la teinture de tournesol, car elle renferme des carbonates alcalins susceptibles d'agir sur le bouillon peptoné, l'eau peptonée ou les milieux sucrés. — MM. **A. Netter** et **Salanier** : *Présence des méningocoques dans les éléments purpuriques de l'infection méningococcique.* Dans deux cas, l'examen microscopique a montré la nature méningococcique de lésions purpuriques, alors que dans le premier cas il n'y a jamais eu de méningite, et que dans le deuxième la première ponction avait montré l'absence de suppuration du liquide céphalo-rachidien. Les méningocoques ont respecté les méninges dans le premier cas ; ils ne les ont envahies que plusieurs jours après le début de la maladie dans le deuxième. — MM. **J. du Castel** et **J. Fercocq** : *De la concentration moléculaire des antiseptiques.* Les auteurs ont étudié dans l'urethrite blennorragique les phénomènes d'exosmose en rapport avec les concentrations diverses des liquides employés. On peut, avec des solutions faiblement hypertoniques, obtenir un drainage intense, puisque 10 cm³ d'une solution chlorurée à 25 ‰ attirent, en une demi-heure, 3 cm³ de sérum, et cela sans altérations cellulaires autres que la rétraction des cellules déjà tombées dans l'urèthre. Il vaut mieux renouveler la solution que d'employer des solutions très hypertoniques. — **M. A. Policard** : *Les cellules plasmatiques dans le processus de réparation des plaies. Formes sénescentes et dégénératives.* L'auteur a observé les formes suivantes de cellules plasmatiques dans la réparation des plaies : cellules à plusieurs noyaux, cellules vacuolaires, cellules en nécrose, cellules à corps hyalin. Les corps hyalins représentent le produit d'une dégénérescence de la cellule plasmatique, dégénérescence non rapide, mais lente, permettant une réaction de la cellule et la formation d'édifications cytoplasmiques. La transformation hyaline paraît représenter l'évolution exceptionnelle des cellules plasmatiques, transformation en rapport avec la fibrose du tissu conjonctif qui avoisine la plaie. — MM. **Ed. Retterer** et **H. Neuville** : *De la rate de l'éléphant.* La rate de l'éléphant adulte possède une charpente très riche en fibres élastiques ; le tissu propre ou parenchyme montre des îlots syncytiaux ou corpuscules de Malpighi, dont la périphérie est en voie de transformation en tissu réticulé à mailles vides. — MM. **P. Mazé** et **M. Ruot** : *La production de l'acide pyruvique par oxydation biochimique de l'acide lactique.* Les auteurs, en cultivant deux champignons, dont un mucor, l'*Amylomyces Rouxii*, et une espèce jusqu'ici indéterminée, dans des solutions contenant de l'acide lactique, ont reconnu qu'ils forment de l'acide pyruvique aux dépens de ce dernier au début de la culture, puis qu'ils le consomment lorsque l'acide lactique vient à manquer. La destruction est plus rapide en milieu acide qu'en

milieu neutre. — MM. L. Tribondeau, M. Fichet et J. Dubreuil : *Méthode de coloration des cils microbiens.* Cette méthode, très simple et très rapide, consiste à faire agir brutalement, à une température élevée, une solution colorante de composition soigneusement réglée de façon qu'elle précipite dans des conditions précises très favorables à la coloration. La solution renferme du tanin, de l'alun de potasse et du cristal violet. Les cils sont très nettement colorés en violet.

Séance du 29 Juillet 1916

M. A. Ch. Hollande : *Solution colorante à base d'éosinate d'azur et de violet de méthylène.* La substance colorante proposée par l'auteur, qui renferme un mélange d'éosinate d'azur de méthylène et d'éosinate de violet de méthylène, permet de remplacer, avantageusement souvent, les liquides de May-Grünwald, de Giemsa et de Pappenheim ; elle colore électivement les granulations acidophiles, neutrophiles et basophiles en même temps que les noyaux et les parties azurophiles ; en d'autres termes, elle donne aussi bien des métachromasies neutrophiles que des métachromasies basophiles, et met nettement en évidence les divers chromotropes. — M. Ch. Achard : *Expériences sur l'infection mixte par le bacille d'Eberth et le bacille paratyphique B.* Dans les infections mixtes expérimentales chez le lapin et le cobaye, la recherche microbiologique par la technique de l'hémoculture a toujours donné comme résultat la présence du bacille paratyphique B, alors même que celui-ci n'entrait que pour 1/4 dans le mélange infectant. On ne saurait toutefois en conclure que, chez l'homme infecté par les deux bacilles, on doive toujours rencontrer dans le sang le bacille paratyphique B. — MM. Ed. Retterer et H. Neuville : *De la rate et du sang de Daman.* L'examen de la rate et du sang de Daman confirme les résultats obtenus par l'étude des autres organes : les Damans présentent des caractères qui en font des Mammifères tout à fait spéciaux ; les uns les rapprochent des Rongeurs, les autres de l'Eléphant et des Suidés, d'autres encore des Carnivores. — M. Ed. Retterer : *De l'ossification de l'os pénien du chien et de la valeur morphologique du pénis.* Hypertrophie de la commissure antérieure de l'orifice du sinus uro-génital, le tubercule génital acquiert un centre squelettique médian et impair, dû à la fusion de l'expansion tendineuse des muscles du sphincter uro-génital, des muscles ischio-caverneux notamment. Dans le sexe féminin, ce centre tendineux ou aponévrotique conserve la forme d'une lame légèrement recourbée sur les côtés ; plus tard, l'axe de chaque moitié devient vasculaire et érectile *(corps caverneux)*. Dans le sexe masculin, les bords de la lame se recourbent au niveau du bulbe urétral ; plus loin, ils se rejoignent chez beaucoup de Mammifères et constituent un cylindre qui enclôt et contient le corps spongieux ainsi que l'urètre. Sauf l'axe de chaque moitié qui se transforme en corps caverneux, le cylindre reste aponévrotique ou fibreux chez l'homme et beaucoup de Mammifères, tandis que chez d'autres la portion distale du cylindre évolue, surtout sur la face supérieure et souvent aussi sur les faces latérales du pénis, en tissu cartilagineux ou osseux. — Mlle F. Gueylard et M. P. Portier : *Recherches sur la résistance au froid des chenilles de Cossus et Carpocapsa.* La chenille de *Cossus* résiste admirablement à une congélation complète de tous ses organes, de tous ses tissus. Cette congélation peut être répétée un grand nombre de fois pour une même chenille sans qu'elle paraisse en souffrir. Un passage très brusque de — 15° à + 30° n'entraîne pas la mort de la chenille et ne semble pas altérer ses tissus. Cette résistance au froid résulte d'une adaptation qui n'est réalisée dans la nature que pendant la saison froide ; elle disparaît complètement pendant la saison chaude. La chenille de *Carpocapsa pomonella* présente des réactions au froid qui paraissent identiques. Cette remarquable résistance au froid ne semble pas très répandue chez les Invertébrés ; elle est même loin d'exister chez toutes les larves xylophages. — Mlle F. Gueylard et M. P. Portier : *Sur certaines particularités de la dialyse des substances albuminoïdes.* Le lait et le jaune d'œuf, dialysés en présence d'un même volume d'une solution d'électrolytes, se mettent en équilibre osmotique avec cette solution ; mais l'équilibre réalisé n'est pas celui que faisait prévoir la théorie. La pression osmotique est toujours inférieure à la pression théorique, moyenne arithmétique des pressions osmotiques initiales. Le déficit peut atteindre presque un dixième de degré. Ce phénomène ne s'observe plus si on opère le mélange brusque du colloïde et de la solution d'électrolyte.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 11 Mai 1916

Sciences naturelles. — M. E. S. Goodrich : *La classification des Reptiles.* Le groupe des Reptiles ne représente pas une vraie classe monophylétique, comme celle des Mammifères ou des Oiseaux, mais plutôt un assemblage ou un stade d'Amniotes conservant une structure générale plus primitive. Les Reptiles comprennent ainsi un groupe protosaurien basal de formes analogues aux Amphibiens conduisant à un point central d'où divergent deux branches principales : la branche sauropsidienne conduisant aux Oiseaux et la branche théropsidienne conduisant aux Mammifères. La classification moderne des Reptiles, basée principalement sur la structure du crâne, est dans un état très incertain. Il y a une grande différence d'opinions quant aux rapports des divers ordres. Certaines spécialisations dans le squelette des pattes postérieures et la structure du cœur et des grands vaisseaux (chez les formes vivantes) sont d'une grande importance pour la classification et méritent plus de poids qu'on ne leur en a attribué jusqu'à présent. Le développement d'un cinquième métatarsien en forme de crochet et d'une articulation métatarsienne, et la subdivision du tronc aortique de façon à former deux arcs systématiques se croisant à leur base de manière à être séparés par le septum interventriculaire, distinguent clairement la ligne sauropsidienne de la ligne théropsidienne d'évolution. La possession de ces caractères montre que tous les Reptiles vivants appartiennent au groupe sauropsidien, tandis que la structure de la patte nous permet de déterminer les affinités de plusieurs genres fossiles incomplètement connus, et de conclure que seuls certains ordres éteints peuvent appartenir à la branche théropsidienne. — M. A. Dendy : *La présence de spicules gélatineux et leur mode d'origine chez un nouveau genre d'Eponges siliceuses.* Le *Collosclerophora arenacea* n. g. n. sp., éponge des côtes sablonneuses d'Australie, possède un type entièrement nouveau de spicules, pour lesquels l'auteur propose le nom de *collosclères*, et qui a été retrouvé dans une autre espèce de l'océan Indien. Le collosclère diffère de tous les spicules connus en ce qu'il est composé d'une substance gélatineuse, qui se contracte par l'addition d'alcool et se gonfle de nouveau par l'addition d'eau. Ces spicules sont formés de silice colloïdale contenant une proportion d'eau plus élevée que la silice hydratée ou opale dont sont composés les spicules siliceux ordinaires. Les collosclères sont situés dans des vésicules de la mésoglée, mais ces vésicules ne représentent pas les cellules mères ou scléroblastes qui les ont sécrétés. Au contraire, le collosclère est un produit extra cellulaire, qui apparaît d'abord comme une protubérance à la surface extérieure de la membrane cellulaire d'un gros scléroblaste sphérique. Les collosclères peuvent être les homologues des isochélæ ; mais, avant d'établir ce point, de nouvelles recherches sont nécessaires sur l'origine intracellulaire supposée des chélates et autres microsclères. — M. R. Mc Carrison : *Sur la production expérimentale du goitre congénital.* Pour déterminer la cause du goitre congénital, l'auteur a soumis les fœtus de chèvres primipares à des agents fortement toxiques et goitrigènes pendant la vie intra-utérine et a comparé les jeunes aux descendants de

primipares protégées, autant que possible, contre l'influence de ces agents. Les résultats obtenus confirment les conclusions précédentes de l'auteur : le goitre congénital est dû à l'action sur la thyroïde fœtale de substances toxiques dérivées de l'intestin maternel. Ces substances sont les produits de micro-organismes originaires du sol contaminé par les fèces, qui sont amenés à l'homme et aux animaux par la nourriture et l'eau infectées.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 25 Mars 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **Jan de Vries** : *Un système infini simple de courbes gauches hyperelliptiques du cinquième degré. Faisceaux de courbes gauches cubiques sur une surface cubique.*

2° Sciences physiques. — M. **H. A. Lorentz** : *Sur la théorie de la gravitation d'Einstein.* II. Dans cette seconde partie, l'auteur montre que l'équation par laquelle il a exprimé la relation entre les forces électrique et magnétique d'une part et la charge et le courant de convection d'autre part, est équivalente aux équations différentielles par lesquelles cette relation est exprimée dans la théorie d'Einstein. — MM. H. A. Lorentz et H. Haga présentent un travail de MM. **L. S. Ornstein** et **F. Zernike** : *Contribution à la théorie cinétique du corps solide. II. Le passage libre de la chaleur, même dans le cas d'écarts à la loi de Hooke.* Selon Debye, la résistance d'un solide à la conduction calorifique serait due à ce que les équations élastiques ne sont pas tout à fait linéaires (écarts à la loi de Hooke); les auteurs tâchent de montrer que, même s'il y a des écarts à la loi de Hooke, il n'y a pas encore de résistance à la conduction. — MM. H. Kamerlingh Onnes et H. A. Lorentz présentent un travail de M. **W. H. Keesom** et Mlle **C. van Leeuwen** : *Sur le second coefficient du viriel dans le cas de molécules sphériques, rigides, quadripolaires.* Suite du développement en série donné dans un précédent travail (septembre 1915). — MM. H. A. Lorentz et F. A. H. Schreinemakers présentent un travail de M. **J.-J. van Laar** : *Sur les valeurs fondamentales des grandeurs* b *et* $\sqrt{a}$ *pour divers éléments et leur rapport avec le système périodique.* II. *Mercure et antimoine. Méthodes générales.* — M. **F. A. H. Schreinemakers** : *Equilibres in-, mono- et divariants.* VIII. Examen approfondi des champs bivariants. Lignes de rebroussement. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent une note de MM. **G. Holst** et **E. Oosterhuis** : *Remarque sur le point de fusion du palladium et la constante* c_2 *de Wien.* D'après la formule de Wien pour le rayonnement d'un corps noir, la connaissance de la constante c_2 conduit à celle du point de fusion du palladium; si l'on admet $c_2 = 14300$ (échelle du Phys. Tech. Reichsantalt) on trouve 1557° C. — MM. H. Kamerlingh Onnes et J. P. Kuenen présentent un travail de MM. **J. E. Verschaffelt** et **Ch. Nicaise** : *Le frottement interne des gaz liquéfiés.* IV. *Appareil et méthode.* V. *Déterminations préliminaires de la viscosité de mélanges d'oxygène et d'azote.* Les auteurs ont opéré sur l'air liquide et d'autres mélanges d'oxygène et d'azote obtenus à partir de l'air, et contenant donc une proportion inconnue d'argon. La méthode employée était l'observation de l'extinction des oscillations rotatoires d'une sphère. Comme coefficient de viscosité de l'air liquide au point d'ébullition (— 193°C.), ils ont trouvé $\eta = 0{,}001678$. — MM. **H. Haga** et **F. M. Jaeger** : *Sur la symétrie des röntgénogrammes de cristaux tricliniques et rhombiques, avec quelques remarques sur les images de diffraction du quartz.* Ici encore l'accord entre la théorie et l'observation est satisfaisant. Les anomalies trouvées précédemment dans un cristal de quartz proviennent d'une structure en mâcles polysynthétiques. — MM. **J. Boeseken** et **A. H. Kerstjens** : *La concentration des ions d'hydrogène dans quelques solutions complexes d'acide borique et de polyhydroxydes.* Sous l'influence des polyhydroxydes, l'acide borique devient plus fort, ce qui semble indiquer une augmentation de la concentration des ions H. Pour trancher cette question, les auteurs ont commencé par déterminer dans divers cas la concentration de ces ions. — MM. **J. Boeseken** et **W. D. Cohen** : *L'oxydation de l'alcool par la lumière en présence de cétones.* La cétone absorbe une partie des rayons violets et donne naissance à une substance jaune, où deux atomes d'hydrogène, appartenant primitivement à la molécule d'alcool, sont activées. Cette substance se décompose à la lumière. — MM. **J. Boeseken, A. H. Kerstjens** et **C. E. Klamer** : *La configuration de l'α-galactose et de l'α-fructose.* — MM. P. van Romburgh et F. M. Jaeger présentent un travail de M. **H. R. Kruyt** : *Sur le sol biréfringent du pentoxyde de vanadium.* Par examen ultramicroscopique, l'auteur confirme l'hypothèse de Diesselhorst, Freundlich et Leonardt, suivant laquelle la biréfringence est due à une orientation des particules. — MM. J. Boeseken et G. A. F. Molengraaff présentent un travail de M. **J. Versluis** : *Actions chimiques dans le sous-sol des dunes.* — M. **H. Zwaardemaker** : *La charge en excès de nuages contenant des substances odorantes, suivant les expériences de MM. H. R. Knoops et M. N. van der Bijl.* Alors que les charges positives et négatives des gouttelettes d'un brouillard d'eau pure ou d'une solution saline se compensent, l'addition d'une substance odorante, donc très volatile, donne un excès de charge positive.

3° Sciences naturelles. — MM. J. F. van Bemmelen et J. W. van Wijhe présentent un travail de M. **J. Botke** : *Contribution à la connaissance de la phylogénie du dessin des ailes de Lépidoptères.* Nous devons voir dans le dessin coloré des ailes des papillons les dernières traces d'un riche système vasculaire chez les ancêtres. — Les mêmes présentent un travail de M. **A. Schierbeck** : *Sur le dessin sétal des chenilles.* — Les mêmes présentent un travail de M. **Dan. de Lange Jr.** : *Considérations critiques et théoriques sur la genèse des membranes primaires de l'œuf chez les animaux vertébrés.* — MM. J. Boeke et G. C. J. Vosmaer présentent un travail de Mme **C. E. Droogluver Fortuyn-van Leyden** : *Quelques observations relatives à la karyokinèse périodique chez le chat.* Chez des chats nouveau-nés, on observe dans le mésentère, l'épithélium extérieur de la cornée et les cellules glandulaires des cryptes de Lieberkühn une période dans la division mitotique des noyaux. — MM. **C. A. Pekelharing** et **C. J. C. van Hoogenhuyze** : *Quelques nouvelles observations sur le rapport entre le tonus musculaire et la teneur des muscles en créatine.* Ces nouvelles observations confirment l'opinion des auteurs que, dans le tonus, des substances contenant de l'azote se transforment en donnant naissance à de la créatine. — MM. G. van Rynberk et J. K. A. Wertheim Salomonson présentent un travail de M. **S. de Boer** : *Une étude du muscle cardiaque suivant la méthode pharmaco-physiologique.* Cette nouvelle méthode consiste à appliquer les méthodes physiologiques ordinaires au cœur préalablement intoxiqué, de sorte que son excitabilité, sa conductibilité et sa contractilité sont modifiées.

J. E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 19 15 OCTOBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

Sir Victor Horsley. — L'Angleterre vient de perdre un de ses plus éminents physiologistes et chirurgiens en la personne de Sir Victor Horsley, membre de la Société Royale de Londres et Associé étranger de l'Académie de Médecine. Dès le début de la guerre, il avait pris une part active à l'organisation et à l'équipement des hôpitaux territoriaux; en mai 1915, il demanda à partir en Egypte, puis de là, en mars 1916, en Mésopotamie, où, après s'être dépensé sans compter dans des circonstances particulièrement difficiles, il est mort le 16 juillet des suites d'une insolation, à l'âge de 59 ans.

Horsley débuta dans la carrière scientifique par des recherches sur les localisations cérébrales, et ses travaux sur ce sujet ne tardèrent pas à faire autorité. Les élèves de Charcot se souviennent encore des démonstrations remarquables qu'il vint faire à la Salpêtrière, sur l'excitation localisée des différentes circonvolutions; « il semblait, dit l'un d'eux, jouer comme sur un clavier en électrisant les différentes circonvolutions des singes qu'il avait amenés avec lui d'Angleterre ». Par ces recherches, il fut amené à utiliser toujours mieux, pour le plus grand profit de la chirurgie humaine, les connaissances qu'il avait acquises au laboratoire. Grâce à son expérience clinique, à ses connaissances neurologiques très étendues, à son habileté opératoire, il devint bientôt un des maîtres incontestés de la chirurgie des centres nerveux. La Société de Chirurgie de Paris a consacré, en 1911, cette réputation mondiale en attribuant à Horsley, pour la première fois, le Prix international de Chirurgie fondé en 1910 par Lannelongue.

A côté de ses travaux de neurologie, Horsley s'est occupé de plusieurs autres questions de physiologie et de pathologie. C'est lui qui, le premier, en 1899, a montré la véritable nature du myxœdème, en le reproduisant expérimentalement chez le singe par ablation de la glande thyroïde, et qui a proposé l'emploi de la thyroïde dans le traitement de cette affection; on lui doit encore des travaux sur la découverte et la suture des nerfs rachidiens, les fonctions et les maladies de la glande pituitaire, etc.

Horsley était une riche personnalité, qui a exercé une grande activité parmi ses concitoyens. Il préconisait des réformes radicales dans le système d'éducation anglais, et l'introduction de l'enseignement universel de la méthode scientifique. Son nom restera attaché à de nombreuses campagnes d'hygiène publique, en particulier à la lutte contre l'alcoolisme, où on lui reprochait parfois son intransigeance, fruit cependant d'une longue étude de tous les aspects, scientifiques et sociaux, de la question.

Horsley avait de nombreux amis parmi ses collègues français, et sa mort prématurée a été non moins vivement ressentie de ce côté que de l'autre côté du détroit.

§ 2. — Physique

Description d'un synchrono-phosphoroscope. — Dans l'étude de la phosphorescence de substances pour lesquelles l'émission de lumière est de courte durée, particulièrement en vue de noter les changements de couleur ou d'intensité dus à l'échauffement ou au refroidissement, il est commode de pouvoir opérer sur des échantillons de dimensions notables. C'est dans ce but que MM. Edward L. Nichols et H. L. Howes[1] ont combiné et construit l'appareil représenté sur la figure 1.

L'objet à examiner est regardé à travers les secteurs vides d'un disque tournant, WW, qui est monté sur l'arbre d'un moteur synchrone à courant alternatif, A. C. Le nombre des secteurs vides et des secteurs pleins égale le nombre des pôles de l'alternateur et l'excitation du corps phosphorescent est provoquée au moyen d'une étincelle ou d'une série d'étincelles E, ou d'un tube à vide convenable, actionnés au moyen d'un transformateur éleveur de tension T T, qu'on a disposé sur le même circuit alternatif.

Pour un réglage convenable du disque, l'excitation se produit pendant l'intervalle de temps où la surface phosphorescente se trouve derrière les secteurs pleins

1. *The Physical Review*, 2e série, t. VII, p. 586; mai 1916.

et la surface est visible pendant les intervalles intermédiaires successifs. Pour un courant de 60 périodes, avec quatre secteurs, ces intervalles sont de 1/240 de seconde chacun et peuvent commencer un millième de seconde, ou même moins, après que l'excitation a cessé. En interrompant le circuit de l'étincelle, on peut étudier la décroissance de l'émission lumineuse, pour des substances dont la phosphorescence est de longue durée, sans arrêter le disque.

A l'aide d'un moteur à courant continu D. C., agissant sur le même arbre et qui sert habituellement à amener le moteur synchrone à la vitesse convenable, le disque peut tourner à des vitesses quelconques.

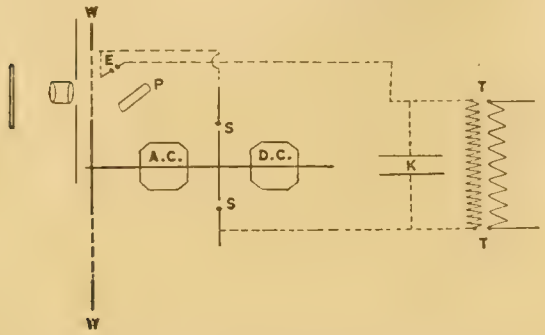


Fig. 1. — *Schéma du synchrono-phosphoroscope.* — WW, disque tournant; A.C., moteur à courant alternatif; D.C., moteur à courant direct; TT, transformateur de tension; E, éclateur à étincelles; K, condensateur.

Par l'emploi de ce dispositif, MM. Nichols et Howes ont pu prendre des photographies en couleur (procédé Lumière), montrant les changements de coloration de différents sulfures phosphorescents pendant la période de décroissance, ainsi que l'effet des basses températures sur la couleur et l'intensité de ces substances. Ils ont également procédé à des comparaisons étendues des spectres des sels d'uranium pendant et après l'excitation et ont déterminé le taux de décroissance de l'émission lumineuse de ces sels.

§ 3. — Chimie

Influence des impuretés gazeuses contenues dans l'argent, sur les valeurs obtenues pour son poids atomique. — On sait que les trois quarts environ des déterminations de poids atomiques sont rapportées aujourd'hui à l'argent, qui constitue ainsi, en fait, un étalon auxiliaire de poids atomiques. Bien qu'on ait généralement pris de grandes précautions pour purifier le métal employé dans ce but, MM. Ph.-A. Guye et F.-E.-E. Germann[1] se sont demandé cependant « si celui-ci est bien exempt de toute impureté et s'il constitue effectivement un corps unique chimiquement pur, et toujours identique à lui-même, ne retenant aucune trace de corps étrangers solides ou gazeux ». On sait combien il est difficile d'éliminer d'un métal toute impureté gazeuse ou solide. De plus, alors que la détermination du poids atomique du chlore par neuf méthodes différentes, toutes plus directes que la synthèse du chlorure d'argent, conduit au nombre Cl = 35,461, le rapport Ag : Cl donne des nombres compris entre 35,453 et 35,457. « Il y a là une discordance flagrante qui ébranle la valeur de tout le système des poids atomiques. »

MM Guye et Germann ont tout d'abord élaboré une méthode expérimentale permettant de rechercher et de déterminer, sans trop de difficultés, les traces de gaz qui peuvent subsister dans l'argent. Cette méthode repose sur un dispositif de micro-analyse des gaz spécialement étudié dans ce but par MM. Guye et Germann[1].

Ces savants l'ont appliqué à des échantillons d'argent parmi les plus purs que livre l'industrie des métaux précieux, en leur faisant subir la purification qui consiste non seulement à les fondre dans une atmosphère d'hydrogène, mais à faire barboter ce gaz dans le métal fondu. Ce dernier mode de traitement, font remarquer MM. Guye et Germann, est beaucoup plus efficace que la simple fusion dans une atmosphère d'hydrogène, à laquelle on se borne généralement pour les déterminations de poids atomiques ; aussi insistent-il grandement sur l'utilité de cette opération.

Un échantillon d'argent extra-pur de l'industrie, provenant de la *Société genevoise de dégrossissage de l'or*, purifié par fusion avec barbotage d'hydrogène et solidification dans l'atmosphère de ce gaz, a encore contenu, pour 1 gr. de métal :

0 gr. 000034 de CO,
0 gr. 000008 de H^2O,

soit, au total, 0 gr. 000042 d'impuretés.

Une étude minutieuse montre d'ailleurs que la quantité de gaz retenu par l'argent chauffé dans le vide n'est pas uniforme; elle va en augmentant des parties périphériques aux parties centrales du métal. « Il y a là, signalent MM. Guye et Germann, une cause d'erreur dont il faudra tenir compte dans les déterminations de poids atomiques rapportés à l'argent si l'examen des échantillons d'argent pur utilisés à cette fin démontre une répartition analogue, non uniforme, des gaz retenus par ce métal. »

L'influence des impuretés possibles, et même probables, dans les échantillons d'argent qui ont été utilisés pour la détermination du poids atomique de ce métal, explique le défaut relatif de concordance entre les résultats des déterminations récentes de l'Ecole américaine d'Harvard. La présence de 42 millionièmes d'impuretés impliquerait qu'il faut diminuer de 42 millionièmes, soit de 0,0045, le nombre généralement adopté 107,875.

S'il en était ainsi, tous les rapports atomiques directs avec l'argent devraient être diminués dans la même proportion de 42 millionièmes. Cette correction peut paraître négligeable dans la plupart des cas. En réalité, en raison du caractère très indirect des méthodes classiques, elle acquiert une importance parfois assez grande pour affecter la seconde décimale des poids atomiques usuels. En particulier, dans le cas du phosphore, l'erreur sur le poids atomique atteint 1/1480 de sa valeur.

A la fin de leur travail, MM. Guye et Germann font remarquer l'intérêt qu'il y aurait à reprendre les déterminations du poids atomique de l'argent en faisant porter toutes les mesures sur du métal argent provenant d'une seule et même préparation. On pourrait étudier une fois pour toutes les impuretés qu'il contient et déterminer les corrections nécessaires. Si, plus tard, de nouvelles erreurs, imputables à l'argent, venaient à être découvertes, on pourrait apporter les corrections nécessaires à toutes les déterminations anciennes. Ce métal pur, sorte *d'argent international*, serait remis aux laboratoires qui déterminent des poids atomiques par la méthode des rapports entre l'argent et les chlorures, bromures, iodures. Pour la préparation d'un certain nombre d'échantillons importants d'argent pur homogène, MM. Guye et Germann expriment le vœu que l'Institution Carnegie de Washington, qui a si souvent facilité les recherches faites dans les laboratoires américains sur la revision des poids atomiques, consente les crédits nécessaires.

A. B.

1. *Journal de Chimie physique*, t. XIV, p. 204 ; mai 1916.

1. Guye et Germann : *Journ. de chim. phys.* t. XIV, p. 195, 1916. En résumé dans *C. R. Acad. des Sc.* (Paris), t. CLIX, p. 154 ; 1914.

§ 4. — Géologie

La résistance de la croûte terrestre. — La question de la façon dont les poids des continents et des montagnes sont supportés a attiré depuis longtemps l'attention des géophysiciens et des géologues. On a supposé d'abord que ces masses sont simplement des excroissances de la croûte, la densité étant pratiquement uniforme d'un point à l'autre de la surface. Dans ce cas, les variations dans la pression normale sur une enveloppe sphérique juste au-dessous de la surface doivent nécessairement causer une déformation élastique et des tensions tangentielles à l'intérieur de la croûte. Les différences de tension qui en résultent seraient alors capables de produire des fractures, à moins que la résistance des roches ne dépasse une valeur définie. Les conséquences mécaniques de cette hypothèse ont été traitées mathématiquement par Sir G. H. Darwin[1], dont les calculs l'ont conduit à postuler une résistance considérable de la croûte terrestre jusqu'à une très grande profondeur.

Mais cette conclusion s'est trouvée considérablement modifiée par la découverte suivante : on a reconnu, en déterminant expérimentalement la valeur de la pesanteur au sommet d'une montagne, que le résultat concorde beaucoup mieux avec la valeur théorique obtenue en négligeant l'attraction de la montagne elle-même qu'avec la valeur corrigée de cette attraction. L'attraction de la montagne doit donc être contrebalancée par un défaut d'attraction de la matière située au-dessous. La matière sur laquelle repose une montagne serait donc de densité plus faible qu'ailleurs, de telle sorte que le total des inégalités ne produit aucun effet appréciable sur la force gravitationnelle à l'extérieur de la Terre. C'est l'hypothèse connue sous le nom d'*isostasie;* la couche dans laquelle ces variations de densité se produisent est appelée *couche de compensation*. Les recherches détaillées de Hayford sur les déviations du fil à plomb aux États-Unis, en supposant que le déficit est uniforme jusqu'à une profondeur constante, et nul au-dessous, ont montré que 90 o/o environ des inégalités sont compensées de cette manière, la profondeur de la couche de compensation étant de 122 kilomètres.

Deux questions se posent alors : 1° Comment l'ajustement isostatique se produit-il? 2° Quelle est la signification des écarts de la compensation complète dont on observe l'existence? Depuis deux ans, le Professeur Joseph Barrell a publié sur ces questions une série de mémoires importants[2], dont il nous paraît intéressant de donner ici un aperçu[3].

En supposant que la Terre a eu à l'origine une symétrie sphérique, un exhaussement ou une dépression locale n'aurait aucun effet sur l'état isostatique. Pour le détruire, un transport horizontal de matière par dénudation ou déplacement souterrain est nécessaire. Le problème consiste donc à trouver l'espèce d'ajustement nécessaire pour tenir compte de ces agents perturbateurs. On a toujours compris l'isostasie comme le fait qu'à une certaine profondeur au-dessous de la surface les matériaux sont suffisamment plastiques pour subir une déformation permanente d'une certaine sorte quand ils sont exposés à un effort tranchant considérable agissant pendant longtemps. De cette manière, toute la matière à cette profondeur peut être considérée comme s'ajustant continuellement elle-même à un état dans lequel il n'y a pas d'effort tranchant, c'est-à-dire à un état hydrostatique. Les couches supérieures peuvent donc être regardées comme flottant simplement sur ce quasi-fluide. L'isostasie approximative résulte immédiatement des principes hydrostatiques. En adoptant l'hypothèse que les couches situées juste au-dessous de la couche de compensation sont dans un tel état, Love[1] a formulé une théorie mathématique de l'isostasie qui diffère de celle de Hayford en ce que la compensation en densité n'est pas uniforme avec la profondeur. Son analyse prouve que la plasticité, si elle existe, peut expliquer une quantité considérable d'isostasie. M. Barrell montre, dans ses premiers mémoires, que, tandis que les continents et les bassins océaniques présentent un haut degré d'isostasie, de petites aires (de 300 kilomètres d'étendue par exemple) peuvent s'en écarter considérablement. La méthode de Love s'applique très bien aux parties complètement compensées des inégalités, et celle de Darwin aux résidus non compensés.

Même dans la théorie de l'isostasie complète, des efforts tangentiels existent à travers la zone de compensation. Sa capacité de les supporter indique que cette zone doit être de nature rocheuse. M. Barrell l'appelle donc *lithosphère*, quoiqu'elle puisse renfermer des portions fondues locales. D'autre part, la théorie de l'isostasie requiert l'existence, au-dessous de la lithosphère, d'une couche capable de céder à un effort tranchant relativement faible, mais continué pendant longtemps ; cette couche est appelée *asthénosphère*, ou sphère de faiblesse. Au-dessous d'elle, enfin, M. Barrell place la *centrosphère*, possédant le pouvoir de résister sans rompre à des efforts considérables et prolongés. Par hypothèse, il n'y a donc que peu ou pas d'effort tranchant sur la centrosphère; mais il est impossible d'en fournir la preuve. Sa rigidité pour de faibles efforts est reconnue, il est vrai, comme élevée; mais nos connaissances sur la façon dont se comporte la matière aux hautes températures et pressions est à peine suffisante pour nous permettre de déduire qu'elle est parfaitement élastique. L'existence d'une nutation eulérienne semble indiquer un certain degré de perfection, mais l'effort est très faible et ne dure qu'un temps très court en comparaison d'une période géologique. Mais ces constatations n'affectent pas les raisonnements suivants, qui concernent uniquement la lithosphère et l'asténosphère.

M. Barrell n'admet pas que l'asthénosphère soit une zone fluide sans aucune résistance. La théorie des marées océaniques a montré qu'une telle zone ne peut exister. D'autre part, quoique les différences de tension dues aux inégalités non compensées atteignent un maximum d'environ 2.500 kilogs par pouce carré dans la lithosphère, elles doivent nécessairement transmettre quelque tension à l'asthénosphère, s'élevant, à une profondeur de 400 kilomètres, à 1/6 du maximum à l'intérieur de la lithosphère. En considérant ces inégalités, il est donc possible d'estimer la résistance de l'asthénosphère à diverses profondeurs, résistance regardée d'ailleurs comme une limite inférieure. L'auteur estime que la partie la plus faible de l'asthénosphère possède une résistance égale à 1/25 de celle des roches superficielles, tandis que le travail d'Adam et King indique qu'à une profondeur de 17,7 kilomètres la lithosphère a une résistance de 50.000 kilogs par pouce carré — environ 7 fois la résistance des roches superficielles.

M. Barrell discute les différents moyens par lesquels l'état semi-hydrostatique peut être atteint. Le plus probable est l'intervention d'une fusion locale progressive sous tension. Les petites portions de liquide prennent automatiquement la forme hydrostatique; les efforts tranchants disparaissent alors et le liquide peut se solidifier de nouveau à l'état cristallin non soumis à une tension. Ce processus conduit finalement à une condition dans laquelle les efforts sont diminués au-dessous de la limite nécessaire pour produire une fusion locale. L'ajustement est nécessairement lent, ce qui peut expliquer pourquoi la compensation sous les inégalités très étendues, quoique presque complète, n'est pas parfaite. D'autre part, il ne semble pas qu'il y ait aucune raison de croire que l'asthénosphère soit suffisamment tendre

1. *Scientific Papers*, t. II, p. 459.
2. *Journal of Geology*, t. XXII, pp. 28, 145, 209, 289, 441, 537, 655, 729 (1914) ; t. XXIII, pp. 27, 425, 499 (1915).
3. D'après le résumé qu'en a donné M. H. Jeffreys dans *The Observatory*, t. XXXIX, n° 499, p. 165 ; avril 1916.

1. Geodynamics, chap. II et III.

pour être traitée autrement que comme un corps parfaitement élastique dans les théories de la variation des latitudes et des marées.

Les mémoires de M. Barrell constituent une très importante contribution à notre connaissance des conditions physiques qui règnent à l'intérieur de la Terre.

§ 5. — Biologie

Y a-t-il un coefficient de température de la durée de la vie? — Cette question a été posée pour la première fois par Loeb[1] en 1908. On peut supposer que la durée de la vie dépend de la présence de certaines substances qui sont consommées au cours de l'existence, ou bien qu'elle est limitée par les effets toxiques cumulatifs de certains produits du métabolisme (Metchnikoff[2]). Dans l'une ou l'autre hypothèse, les phénomènes de consommation ou d'accumulation doivent augmenter avec la température suivant une certaine loi.

Il semble, d'autre part, qu'il existe pour chaque espèce une durée de vie bien définie, abstraction faite des accidents de nature diverse qui peuvent abréger la vie de l'individu. Les plantes annuelles, les *Sequoia* des sierras, l'homme, les insectes ont leur longévité caractéristique. Quelle est la cause de ce phénomène? Si la réponse à cette question est donnée par l'une des deux hypothèses précédentes, on doit s'attendre à trouver, pour la durée de la vie, un coefficient de température de l'ordre de grandeur de celui des réactions chimiques. MM. J. Loeb et J. H. Northrop[3] se sont proposé d'élucider ce point, et comme la recherche d'un coefficient de cette nature ne peut être effectuée que sur une espèce à courte vie, ils ont choisi comme sujet de leurs expériences, effectuées à l'Institut Rockefeller de New-York, la mouche *Drosophila*.

Des mouches nouvellement écloses sont introduites dans de grands ballons d'Erlenmeyer, placés dans des thermostats aux températures de 34°, 31°, 28°, 24°, 14° et 9°. Chaque ballon contient en moyenne 100 mouches. Le nombre de mouches mortes a été compté chaque jour, et les survivantes transférées dans des ballons propres chaque deux jours. Chaque détermination de durée de vie a été basée sur 2 à 12 cultures de 100 mouches environ chacune. On a pris la moyenne des valeurs de durée de vie pour chaque ballon et pour l'ensemble des ballons, et c'est ce chiffre qui a été considéré comme durée moyenne de la vie à cette température.

Trois séries d'expériences ont été faites. Dans l'une, les mouches étaient alimentées avec de l'eau seulement, dans la seconde avec une solution de sucre de canne à 1 %, dans la troisième avec de la banane fermentée. Dans cette dernière, les résultats ont été plus irréguliers que dans les deux précédentes, sans doute à cause de la différence de nature des microorganismes présents. Voici les résultats des deux premières séries :

Température Degrés C.	Durée moyenne de la vie en jours Avec l'eau	Avec la sol. sucrée
34	2,1	6,2
28	2,4	7,2
24	2,4	9,4
19	4,1	12,3
14	8,3	—
9	11,9	—

L'examen des chiffres entre 28° et 9° montre l'existence d'un coefficient de température de la durée de la vie qui est à peu près de l'ordre de grandeur de celui des réactions chimiques, soit environ 2 pour une différence de 10°. Ce coefficient est plus élevé pour les intervalles de températures inférieurs.

Le même coefficient avait déjà été trouvé par les deux savants américains pour le temps nécessaire au développement des œufs des animaux et aussi pour la période larvaire de ces mouches. Il n'y a donc pas de doute que, dans le cas examiné, la durée de la vie a un coefficient de température de l'ordre de grandeur qui est caractéristique pour les phénomènes vitaux et pour les réactions chimiques en général.

1. *Arch. für die ges. Physiol.*, t. CXXIV, p. 411; 1908.
2. *Ann. Inst. Pasteur*, t. XXIX, p. 477; 1915.
3. *Proc. of the Nat. Acad. of Sciences of the U. S. of America*, t. II, n° 8, p. 456; août 1916.

§ 6. — Géographie et Colonisation

L'Expédition suisse dans la Basse-Californie mexicaine. — Pendant l'été 1915, une Expédition suisse, sous la conduite du Dr Arnold Heim, de Zurich, a exploré la péninsule mexicaine de la Basse-Californie, l'un des pays restés jusqu'à aujourd'hui parmi les moins connus de l'Amérique du Nord.

Partie de San Diego, l'expédition s'est dirigée, à bord d'un bateau à voiles, vers la magnifique baie de la Magdalena, que M. Heim compare à celle de San Francisco, puis de là par canots automobiles vers le fleuve et l'oasis de la Purisima, au N., et l'oasis de Todos Santos, au S. Elle a traversé ensuite, au prix d'assez grandes difficultés, la partie montagneuse du sud de la Péninsule, et, après avoir atteint la côte, elle est rentrée par mer à San Diego. Voici quelques-unes des observations les plus importantes qui ont été faites par les explorateurs suisses.

En général, la Basse-Californie est caractérisée par une grande sécheresse, à laquelle tous les êtres vivants doivent s'adapter. Le tiers septentrional est climatiquement et géologiquement la continuation de la Californie; la partie moyenne est la plus sèche et a les précipitations les plus irrégulières. Dans la région côtière, il ne tombe souvent, pendant 3 à 5 ans, aucune pluie utilisable pour la croissance des plantes; par contre, dans l'intérieur montagneux de la péninsule, il survient parfois des averses excessivement violentes qui transforment pour quelque temps les lits fluviaux desséchés depuis des années en cours d'eau puissants, larges par endroits de plus d'un kilomètre. Alors le steppe aride à cactus se recouvre d'un tapis vert émaillé de fleurs. La pointe montagneuse du sud de la péninsule est caractérisée par des pluies d'été abondantes, qui viennent de la zone tropicale sud-occidentale. Du côté du golfe, la chaleur est supportable en été. A San Antonio, le 1er juillet on a mesuré 39° C. à l'ombre; mais à l'intérieur les températures supérieures à 40° sont fréquentes.

Toute la Basse-Californie méridionale est caractérisée par le steppe à cactus, qu'on ne retrouve nulle part ailleurs sous cette forme et avec ce développement. On se croit presque transporté dans une autre période géologique. Toutes les plantes se sont adaptées à une sécheresse qui dure souvent depuis des années, en général par des organes particuliers qui secrètent de l'eau. Le cactus géant *Pachycereus*, aux fleurs blanches, et qui dépasse 15 m. de hauteur, est très répandu et constitue la plante typique du steppe.

A l'exception du loup d'Amérique partout très fréquent, les grands Mammifères sont très rares; les lièvres, rats et souris sont nombreux, par contre. Les oiseaux, surtout de mer et de rivages, sont riches en genres et espèces. L'oiseau d'eau le plus élégant est la grande mouette carnassière (*Lestris*), volant comme une hirondelle géante et dont l'envergure atteint 2 m. 10. Le plus bel oiseau chanteur est le cardinal rouge. La mer et les baies sont riches en poissons, tortues géantes, squales, dauphins et lions de mer; par contre, la chasse intensive de quelques compagnies norvégiennes a fait disparaître presque complètement les baleines autrefois très abondantes.

Les localités les plus importantes doivent leur existence principalement aux exploitations minières, au commerce, aux pêcheries de perles et à l'agriculture. Les habitants des fermes isolées vivent, par contre, presque exclusivement des produits des troupeaux. Le bétail, principalement destiné à l'abatage, a dû s'adapter à la sécheresse du climat. On rencontre des animaux

qui ne boivent qu'une fois tous les deux jours, ou parfois par semaine. La surveillance des troupeaux présente de grandes difficultés, car, étant donnée la rareté de la végétation, il faut de 1 à 10 kilomètres carrés de lande par tête de bœuf. Les bœufs ont appris, en léchant d'une façon continue les pousses de cactus dans la même direction, à écarter leurs épines, de façon à parvenir aux fruits. Les pêcheurs et les éleveurs changent souvent de localité pour assurer leur nourriture ou celle des animaux et mènent une vie patriarcale qui rappelle celle des temps bibliques.

Au point de vue géologique, la région explorée se divise en trois parties, deux chaînes côtières cristallines anciennes avec un plateau tabulaire intermédiaire plus jeune, qui couvre toute la largeur de la péninsule : 1° Les monts du Cap ou Sierra de la Victoria s'étendent du cap méridional de San Lucas vers le NW jusqu'à la ligne Todos Santos-La Paz et se composent en grande partie de roches éruptives granito-dioritiques et de schistes cristallins. 2° Les monts de la Magdalena ou chaîne côtière pacifique vont de l'île Margarita à l'île Cedros (20° lat. N.); ils sont constitués principalement de roches cristallines basiques de caractère dioritique. 3° Les monts tabulaires ou zone centrale forment les tables ou « mesas » typiques, qui, à l'intérieur, sont recouvertes de laves basaltiques étendues et parsemées de cônes volcaniques.

On rencontre des sols alluviaux avec lignes de rivage récentes en divers endroits à des hauteurs où ils ne peuvent plus se former maintenant. L'élévation de la péninsule paraît donc se poursuivre encore aujourd'hui; le pays tabulaire ne s'élève pas seul, mais aussi la chaîne côtière plus ancienne.

§ 7. — Sciences diverses

Sur un moyen efficace d'établir la liaison entre la science et l'industrie. — La guerre actuelle, en appelant l'attention générale sur le rôle capital joué par la science dans l'industrie allemande depuis un demi-siècle, a montré la nécessité urgente de resserrer les liens entre hommes de science et industriels dans les pays alliés. En France, M. Henry Le Châtelier a récemment fait ressortir devant l'Académie des Sciences l'intérêt qu'il y aurait à établir d'une façon permanente des relations étroites entre la Science et l'Industrie, et il a proposé d'ouvrir une enquête sur les moyens les plus favorables pour obtenir ce résultat. Une Commission a été nommée pour cette étude par l'Académie, mais il est remarquable de constater qu'elle ne contient pas d'industriels.

M. André Blondel, que cette question préoccupe depuis de longues années, pense qu'on pourrait remédier à cette anomalie par une réorganisation, d'ailleurs très discrète, de l'Académie des Sciences, et il en expose ainsi les motifs et le mode possible[1].

L'institution et l'organisation de ce grand corps scientifique remontent à la fin du XVIIIe siècle, c'est-à-dire à une époque où l'on ne pouvait pas prévoir le développement immense qu'ont pris, au XIXe siècle, les sciences appliquées et les industries qui en découlent; il en résulte qu'on n'a pas fait jusqu'ici à ces dernières leur place légitime.

L'Académie comprend actuellement deux divisions de 5 à 6 sections respectivement : Division des Sciences mathématiques (Géométrie, Mécanique, Astronomie, Géographie et Navigation, Physique) et Division des Sciences physiques (Chimie, Minéralogie, Botanique, Economie rurale, Anatomie et Zoologie, Médecine et Chirurgie).

Cependant, les fondateurs de l'Académie n'avaient pas eu l'intention de limiter les travaux de celle-ci à la science pure, mais admettaient en principe dans ce corps des représentants de toutes les sciences pures et appliquées. C'est pour ce motif que l'on y trouve trois sections réservées aux sciences appliquées connues au XVIIIe siècle : Géographie et Navigation, Economie rurale, Médecine et Chirurgie.

Il est actuellement d'autant moins rationnel d'exclure les sciences industrielles que celles-ci jouent, dans la vie économique des nations, un rôle d'une extrême importance et que les inventions faites dans ce domaine ont constamment un rôle capital pour l'avenir de l'humanité.

Pour M. Blondel, le fait que les savants qui défrichent actuellement le domaine des sciences appliquées à l'industrie n'ont, pour ainsi dire, pas de représentants officiels au sein de l'Académie est un des motifs du manque de liaison entre la science et l'industrie. En Angleterre, au contraire, ils sont abondamment représentés dans la *Royal Society* à côté des savants de science pure.

M. Blondel propose donc une réorganisation de l'Académie consistant dans l'adjonction de sections nouvelles parfaitement définies et la subdivision de l'Académie en trois divisions au lieu de deux :

Les deux groupes actuels de Sciences mathématiques et Sciences naturelles (improprement appelées Sciences physiques actuellement), contenant 6 et 5 sections de 6 membres, seraient réduits à 5 et 4 sections. Une troisième division serait réservée aux Sciences appliquées ; elle serait formée en partie en prélevant dans les deux groupes déjà existants des sections anciennes qui n'ont pas le caractère de science pure, à savoir la Section de Géographie et Navigation et celle d'Economie rurale ; on y ajouterait, d'autre part, deux sections nouvelles : l'une pour la Mécanique industrielle et les constructions civiles, l'autre pour la Physique industrielle ou la science industrielle. Ce projet est d'ailleurs susceptible de plusieurs variantes.

Quelle que soit celle à laquelle on s'arrêterait, on obtiendrait ainsi une modernisation de l'Académie, faisant aux sciences industrielles leur place légitime, au prix d'une faible augmentation des membres, puisqu'il n'y aurait en définitive que deux sections nouvelles, comptant au total 12 membres. Cette augmentation pourrait d'ailleurs être compensée en partie par la réduction à 8 membres au lieu de 10 de la Section des Académiciens libres par extinction progressive. D'ailleurs les nominations dans les sections nouvelles pourraient être faites progressivement, au fur et à mesure que se présenteraient des candidats ayant la haute valeur scientifique désirable.

Cette réforme utile, dit M. Blondel, ne pourrait qu'être bien vue dans tous les milieux industriels et accroître l'intérêt que les industriels portent aux recherches scientifiques. En offrant à ceux qui auront su se distinguer dans les sciences appliquées un nombre de sièges suffisants à l'Académie, on leur donnerait l'attrait de pratiquer eux-mêmes la science, le désir de diriger vers les études scientifiques leurs fils ou leurs collaborateurs les plus distingués. Surtout, on leur offrirait l'occasion de faire entendre leur voix dans les délibérations de l'Académie qui peuvent toucher aux questions industrielles. On donnerait ainsi à cette dernière plus d'autorité pour se faire entendre du grand public de l'industrie et pour devenir le guide et, pour ainsi dire, la tutrice des grands établissements d'instruction technique, notamment des facultés techniques dont on propose depuis quelque temps la création.

1. *La Lumière électrique*, 2e sér., t. XXXIV, p. 43.

L'ŒUVRE MÉCANIQUE DE LEONARDO TORRES Y QUEVEDO

Dans sa séance solennelle du 12 mars 1916, l'Académie Royale des Sciences de Madrid a décerné la médaille Echegaray [1] — la plus haute distinction dont elle dispose — à l'un de ses membres les plus éminents, M. Leonardo Torres y Quevedo, auteur bien connu de remarquables découvertes et inventions mécaniques que notre Académie des Sciences vient, tout récemment, de couronner, à son tour, par le Prix Parville. Ce nous sera l'occasion de jeter un regard d'ensemble sur l'œuvre de ce savant ingénieur.

Dans le domaine immense de la Mécanique, la variété des problèmes qui s'offrent aux chercheurs est extrême. Les efforts personnels de M. Torres se sont plus spécialement localisés dans la partie de cette science qui en est peut-être, aux yeux du grand public, la plus caractéristique, et qui vise les mécanismes proprement dits, c'est-à-dire les agencements de pièces soumises à de mutuelles liaisons propres à établir entre elles certaines dépendances de mouvement fixées d'avance. Le savant ingénieur espagnol a, dans cet ordre d'idées, amplement élargi le cercle de nos concepts généraux, en même temps que réalisé nombre d'applications d'une rare ingéniosité. Les inventions qu'il a ainsi fait connaître, toutes de nature à frapper vivement l'imagination des curieux, ont peut-être contribué plus que tout le reste à fonder sa réputation ; mais les gens de science, tout en appréciant beaucoup, eux aussi, ces étonnantes inventions, auront tendance à admirer surtout les idées originales et profondes auxquelles M. Torres a su les rattacher.

***

Ce sont, tout d'abord, les machines à calculer qui ont sollicité l'attention de M. Torres. Pour faire ressortir l'originalité de ses conceptions dans ce domaine, nous aurons recours à une comparaison que nous fournira l'application de la méthode graphique à l'art du calcul.

Pour effectuer graphiquement un certain calcul, on peut substituer aux nombres soumis à ce calcul des segments de droite dont, avec un certain choix d'unité, ces nombres représentent les longueurs, puis effectuer sur ces segments une certaine construction dépendant de la nature de l'opération à effectuer et aboutissant à la détermination d'un autre segment dont la longueur, mesurée avec l'unité choisie, est précisément le résultat de calcul cherché. A chaque nouveau calcul correspond ainsi une nouvelle construction, une nouvelle épure. Telle est l'essence du calcul graphique proprement dit ou *calcul par le trait*.

Mais il est un autre mode d'emploi de la méthode graphique qui conduit à un processus tout différent. Dans un système d'éléments géométriques, points ou lignes, considérés sur un plan, on peut caractériser chacun d'eux par un nombre, valeur correspondante du paramètre servant à définir le système, nombre qui sera écrit sous forme de cote à côté de cet élément. Plusieurs tels systèmes étant supposés coexister sur un même plan, ou sur divers plans pouvant glisser les uns sur les autres, on conçoit que l'on puisse établir, entre éléments cotés puisés dans chacun d'eux, telle relation de position qui se traduise, entre les cotes correspondantes, par une certaine relation algébrique. La seule constatation de cette relation de position suffit à faire connaître, sous forme de cotes lues sur le tableau, un ensemble de nombres satisfaisant à cette relation algébrique. Celle-ci se trouve ainsi représentée *à la fois* pour tous les états des variables y figurant, dans les limites au moins des graduations des systèmes cotés tracés sur le tableau qui sera dit un *nomogramme*. Telle est l'essence de la Nomographie.

Une distinction analogue peut être faite en ce qui concerne l'application de la mécanique à l'art du calcul. Dans certaines machines à calculer, les nombres soumis à l'opération étant inscrits chiffre par chiffre sur certains compteurs, le mécanisme agit sur un autre compteur de façon à y faire apparaître le résultat de calcul cherché. Ces machines, dites par M. Torres *arithmétiques*, constituent, dans l'ordre mécanique, un mode de solution qui se rapproche de celui du calcul par le trait dans l'ordre graphique. C'est à cette catégorie qu'appartiennent toutes les machines classiques, depuis la machine à addition de Blaise Pascal jusqu'à la machine à multiplication de Léon Bollée en passant par l'arithmomètre de Thomas.

Mais on peut aussi concevoir d'autres machines dans lesquelles, à chaque nombre soumis au calcul, on fasse simplement correspondre un trait marqué par un index fixe sur une graduation mobile, les différentes graduations mobiles

1. Cette médaille triennale, dont M. José Echegaray lui-même a été, en 1907, le premier titulaire, a été créée pour commémorer la brillante carrière de cet éminent professeur de Mathématiques de l'Université de Madrid, qui s'est illustré, en outre, comme homme d'Etat et comme poète dramatique, et s'est vu décerner, en cette dernière qualité, le Prix Nobel de poésie.

étant reliées mécaniquement de telle sorte que l'ensemble des cotes lues à chaque instant sous les différents index fixes satisfassent à une relation algébrique donnée. Les machines ainsi constituées, qui sont celles dont l'idée appartient en propre à M. Torres et auxquelles il a appliqué la dénomination de *machines algébriques*, ne sont pas, comme on le voit, sans analogie avec des nomogrammes; c'est d'ailleurs lui-même qui en a fait la remarque [1].

Le grand mérite de M. Torres a consisté, après avoir conçu cette idée de principe, simple en apparence, à imaginer pour sa réalisation mécanique des moyens tels que le savant inventeur s'est trouvé en mesure de démontrer rigoureusement la possibilité de traduire mécaniquement, par une mise en œuvre rationnelle de ces moyens, une relation analytique, ou même un système de relations analytiques simultanées, *quelconque*. C'est l'objet du grand mémoire qu'il a présenté en 1901 à notre Académie des Sciences et qui a eu les honneurs de l'insertion dans le recueil de cette Académie, dit des *Savants étrangers*.

Indépendamment des véritables trésors d'ingéniosité que M. Torres a dépensés dans la conception du mécanisme même de ses machines algébriques, il convient de signaler l'idée très originale qui lui a permis de donner aux graduations correspondant aux diverses variables un champ pratiquement indéfini. Cette idée, qui, dans l'ordre mécanique, n'est pas sans quelque parenté avec celle de l'anamorphose de Lalanne dans l'ordre graphique, consiste à représenter les valeurs de chaque variable par la rotation d'un disque autour de son axe, les angles dont tourne ce disque étant proportionnels non pas aux valeurs successives de la variable, mais à leurs logarithmes. La précieuse propriété de la périodicité de la partie décimale du logarithme vulgaire, dans chaque intervalle compris entre deux puissances entières successives de 10, permet de limiter la graduation du disque à cet intervalle. Il suffit, pour définir l'ordre de grandeur du nombre correspondant, d'adjoindre à ce premier disque un second qui soit pour lui un compteur de tours et joue par suite le rôle de la caractéristique du logarithme. L'ensemble des deux disques constitue ce que M. Torres appelle un *arithmophore*.

Aux diverses variables entrant dans une relation analytique donnée, il fait correspondre autant d'arithmophores, qu'il s'agit de relier de telle sorte que, pour une certaine relation existant entre les nombres correspondants, la relation entre leurs déplacements angulaires soit celle qui a lieu entre les logarithmes de ces nombres.

La connexion la plus délicate à réaliser en cet ordre d'idées est celle qui correspond au cas de l'addition de deux nombres. L'artifice de la *fusée sans fin*, par lequel M. Torres est parvenu à lever cette difficulté, est des plus ingénieux : il équivaut, dans l'ordre mécanique, à la notion des logarithmes d'addition dans l'ordre analytique [1].

Une combinaison judicieuse d'arithmophores et de fusées sans fin a permis à M. Torres de donner la solution générale — aujourd'hui, peut-on dire, classique — du problème consistant à obtenir mécaniquement les racines réelles des équations algébriques de degré quelconque.

Il ne s'est, au reste, pas borné à cela et a indiqué encore la possibilité de déterminer, par un procédé mécanique, les modules et les arguments des racines imaginaires de telles équations. Le petit appareil qu'il a effectivement construit pour la résolution d'une équation du second degré à coefficients complexes [2], véritable merveille d'ingéniosité, offre pour les mathématiciens cet intérêt tout spécial de permettre de matérialiser en quelque sorte le processus suivant lequel se permutent les valeurs d'une fonction à détermination multiple autour de ses points critiques. M. Torres a d'ailleurs mis en lumière, dans une étude pleine d'intérêt présentée à la Société mathématique de France (*Bulletin*, 1901, p. 167), tout le parti qui pourrait être tiré, en vue des besoins de l'enseignement, de modèles mécaniques concrétant certains faits du domaine de l'Analyse mathématique, modèles plus parlants même que les images de la Géométrie, puisque les variations des éléments y représentés s'y trouvent effectivement réalisées par certains déplacements.

Nous indiquerons enfin d'un mot que M. Torres a démontré également la possibilité de réduire à une opération purement mécanique (et non pas seulement grapho-mécanique, comme c'est le cas pour les intégromètres et intégraphes) le problème consistant à obtenir toute intégrale particulière d'une équation différentielle quelconque, répondant à des conditions initiales données. Il a même construit l'appareil fondé sur ses principes pour un type spécial d'équation différentielle du premier ordre.

1. *Bull. de la Soc. Math. de France*, t. XXIX, 1901, p. 161.

1. On trouvera des détails sur cet organe mécanique et, plus généralement, sur les machines Torres au chapitre VII de la 2e Partie de l'ouvrage sur *Le calcul mécanique*, de L. Jacob, faisant partie de l'*Encyclopédie scientifique* (Paris; Doin; 1911).

2. Décrit dans le *Calcul mécanique*, de Jacob, p. 183 à 187. Voir aussi A. Gay : Les machines de M. Torrès à résoudre les équations. *Rev. gén. des Sciences*, t. VII, p. 684.

*
* *

Les recherches de M. Torres sur les machines algébriques, dans lesquelles, nous le répétons, il s'est plus spécialement montré un initiateur, l'ont tout naturellement conduit à jeter un regard du côté des machines dites *arithmétiques*, d'après la terminologie plus haut définie.

Dans ce domaine, il n'a pas hésité à s'attaquer à la question la plus difficile, posée jadis par Babbage et résolue par celui-ci d'une façon théorique, mais sans que l'immense labeur qu'il y a dépensé ait abouti à la solution pratique qu'il se flattait de réaliser.

Cette question est celle qui a pour objet de construire un *calculateur purement automatique*, c'est-à-dire une machine susceptible d'effectuer telle combinaison d'opérations arithmétiques, que l'on voudrait, sur tels nombres qu'on se donnerait, sans aucune intervention de l'homme à partir du moment où, sous une certaine forme, les nombres soumis au calcul et les signes de la suite d'opérations à effectuer sur ces nombres auraient été inscrits sur la machine.

La machine à cet effet imaginée par Babbage, sous le nom de *machine analytique*[1], est restée à l'état de pièces éparses (aujourd'hui réunies dans une vitrine du South-Kensington Museum de Londres), que l'inventeur a pu faire toutes exécuter de son vivant, mais dont la mort ne lui a pas permis d'entamer le montage. L'énorme quantité de ces pièces est d'ailleurs bien faite pour rebuter d'avance les efforts de quiconque serait tenté, en s'appuyant sur les écrits de Babbage, d'essayer d'effectuer ce montage.

C'est dans une autre voie que M. Torres s'est, à son tour, appliqué à rechercher une solution du même problème, ne s'inspirant en rien de celle de Babbage. Convaincu toutefois par cet essai sans issue de l'effroyable complication d'une solution purement mécanique, il a eu l'idée de faire appel aux ressources de l'électro-mécanique, bien plus variées et d'une bien plus grande souplesse.

M. Torres a non seulement fait connaître le principe des dispositifs par le concours desquels il compte réaliser cette solution entièrement générale[2]; mais il a encore construit et déjà fait fonctionner quelques-uns d'entre eux où se manifestent les mêmes qualités d'ingéniosité que dans ses appareils purement mécaniques.

Mis en goût par ces études passionnantes, le savant ingénieur a conçu une ambition plus haute, celle de réaliser des automates susceptibles d'effectuer, avec *discernement*, en usant d'une *énergie* suffisante, au moyen d'organes mécaniques qui constitueront leurs *membres*, telles opérations que nécessiteront des circonstances enregistrées par des appareils disposés à cet effet qui joueront pour eux le rôle de *sens*, des automates, en un mot, doués d'une véritable *vie de relation* plus ou moins compliquée.

Les termes mêmes d'un tel problème semblent, au premier abord, une sorte de défi à la raison. Pourtant M. Torres a clairement démontré la possibilité de le résoudre dans tous les cas. Il a fait voir, en effet, « qu'*il est toujours possible de construire un automate dont tous les actes dépendent de certaines circonstances plus ou moins nombreuses, suivant des règles qu'on peut imposer arbitrairement au moment de la construction* ».

Les lecteurs de la *Revue générale des Sciences* ont d'ailleurs eu la primeur de l'exposé, fait en français, des idées par lesquelles l'éminent inventeur est parvenu à établir solidement cette conclusion, de prime abord un peu déconcertante[1].

Mais M. Torres n'est pas de ceux qui se contentent d'indiquer des possibilités théoriques sans en poursuivre la réalisation, et, à titre d'illustration de la méthode électro-mécanique par lui imaginée pour résoudre les problèmes d'automatique tels qu'il les envisage, il a construit un appareil dont on peut dire qu'il est fait pour confondre l'imagination, car le premier mouvement de toute personne, même spécialement versée dans les choses de la Mécanique, à qui on en parle pour la première fois, est généralement d'en nier *a priori* la possibilité.

Cet appareil est un joueur d'échecs automatique qui, dans une fin de partie supposée, pour laquelle il dispose de la tour et du roi blancs, cherche à faire échec et mat au roi noir que manœuvre à volonté son partenaire. Si d'ailleurs celui-ci commet une infraction aux règles du jeu, l'automate l'en avertit en allumant une lampe électrique, et si la faute se renouvelle trois fois l'automate refuse de jouer en arrêtant définitivement tout le mécanisme[2].

On remarquera que, si, en vue de simplifier la construction de l'appareil, l'inventeur s'est borné à l'adapter à une fin de partie, il n'en découle

1. On trouvera quelques indications sur cette machine dans mon ouvrage : *Le calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques*, p. 88 (Paris; Gauthier-Villars; 2e édition; 1905).

2. On en trouvera une esquisse dans l'ouvrage déjà cité de L. Jacob, p. 189 à 200.

1. Voir : Tome XXVI, 1915, p. 601.

2. On trouvera une description de cet automate dans le numéro de *la Nature* du 13 juin 1914, p. 56.

pas moins la possibilité théorique d'établir une machine capable de jouer une partie tout entière. Seulement, en ce cas, le nombre immense des combinaisons possibles entraînerait une terrible complication dans l'agencement des organes de l'appareil.

Il n'est pas aventuré de dire que cet automate, produit d'une conception que l'on peut qualifier de géniale, laisse bien loin derrière lui tous les appareils qui, sous le même vocable, ont permis de réaliser mécaniquement des opérations que ne venaient pas, comme ici, modifier, en cours d'action, des circonstances dépendant d'une volonté étrangère. Et l'on peut affirmer qu'en amenant à ce point la science de l'Automatique M. Torres en a bel et bien fait une création nouvelle.

Ayant, comme nous venons de le faire, insisté sur les idées qui se trouvent à la base des conceptions mécaniques de M. Torres, nous devrons nécessairement passer beaucoup plus vite sur diverses autres inventions de ce savant, dont la portée pratique est pourtant plus grande et où il s'est montré plus spécialement ingénieur.

En premier lieu, nous rappellerons l'invention de l'appareil dit *télékine*, présenté le 3 août 1903 à l'Académie des Sciences de Paris, dans lequel a été résolu pour la première fois le problème de la commande à distance de manœuvres variées (et non pas d'une seule manœuvre, toujours la même) au moyen des ondes hertziennes. La consécration définitive du système a été acquise le jour où, d'un poste fixe, à terre, l'inventeur a pu, à volonté, faire évoluer un bateau en rade de Bilbao. Remarquons en passant que ce genre d'essai a constitué comme le prélude des études plus profondes de l'auteur, dont nous venons de parler, sur l'application de l'électro-mécanique à la construction d'automates généraux.

Nous mentionnerons ensuite l'importante contribution de M. Torres à l'Aéronautique; elle a consisté dans la solution extrêmement élégante d'un problème dont les termes semblent *a priori* renfermer une antinomie : assurer la rigidité de l'enveloppe d'un ballon oblong sans avoir recours à l'emploi d'aucune pièce accessoire rigide. Cette solution, fondée sur une analyse très complète des efforts auxquels est soumise une telle enveloppe, au repos ou en marche, réside dans la combinaison d'une sorte de triangulation interne constituée par des liens souples qui, lorsque le ballon est gonflé, travaillent tous à l'extension. Un tel dispositif, qui permet le pliage du ballon quand il est dégonflé, qui se prête aisément à toute transformation qu'on peut avoir à lui faire subir, offre l'avantage de permettre de réduire les organes de suspension de la nacelle en vue de la plus petite résistance à la marche, par suite de diminuer l'un des principaux obstacles à l'accroissement de la vitesse, celui aussi d'augmenter la résistance aux oscillations transversales et de conserver à l'aéronef la supériorité des ballons souples dans le cas d'un atterrissage forcé pour cause de déchirure. Construits pour les besoins des gouvernements français et anglais par la Société Astra, les dirigeables de ce type sont aujourd'hui bien connus sous le nom d'*Astra-Torres*.

Enfin M. Torres a encore affirmé l'originalité de ses conceptions d'ingénieur en créant un type nouveau de *transbordeur funiculaire aérien*, caractérisé par l'emploi d'une voie à plusieurs câbles, chacun de ces câbles étant soumis à une tension invariable produite par un contrepoids disposé à cet effet, indépendamment du poids transporté, et dans des conditions telles que la rupture d'un des câbles n'entraîne aucune altération de la tension développée dans les autres. Une telle qualité, très précieuse au point de vue de la sécurité de l'ouvrage, ne se rencontre dans aucun des autres systèmes de transbordeur qui ont pénétré jusqu'ici dans la construction courante. Le transbordeur funiculaire de M. Torres, essayé avec grand succès, depuis plusieurs années, à Saint-Sébastien, sur une ligne de 280 m., vient d'être installé plus en grand sur le Niagara, un peu en aval de la fameuse cataracte, où il permet de franchir une portée de 580 m., à 60 m. au-dessus des eaux du fleuve.

Nous ne terminerons pas ces notes rapides sur l'œuvre si originale du savant ingénieur sans dire un mot de l'intelligente initiative par laquelle le Gouvernement espagnol a mis à sa disposition, avec tous les fonds nécessaires, un laboratoire de Mécanique appliquée où il lui est loisible, pour le plus grand profit de nos connaissances dans cette voie, de poursuivre ses travaux d'une façon purement désintéressée et, plus particulièrement, de développer ses remarquables recherches sur l'Automatique générale.

Pratiquant un large esprit de solidarité scientifique, M. Torres ne se borne, au reste, pas, dans ce laboratoire, à réaliser ses propres conceptions; il s'emploie encore, avec le zèle le plus méritoire, à faire construire tels appareils qui peuvent être nécessaires à des chercheurs confinés en d'autres domaines de la science, lorsque l'établissement de ces appareils doit faire appel aux ressources mécaniques de haute précision dont il dispose.

Il n'est pas besoin d'être prophète pour affirmer que, de cet actif foyer d'élaboration scientifique, nous sommes appelés à voir sortir encore d'autres nouveautés non moins surprenantes que celles par lesquelles, depuis déjà si longtemps, M. Torres a su provoquer nos étonnements et notre admiration.

Maurice d'Ocagne,
Professeur à l'École Polytechnique.

ÉTUDES BIOLOGIQUES SUR LE « PHYLLIUM BIOCULATUM »

GRAY. = SCYTHE. GRAY. DE CEYLAN

Sollicité de donner à la *Revue générale des Sciences* un résumé de mes observations sur la vie et les mœurs de certains Insectes Orthoptères de la famille des Phasmides, dont j'ai réussi l'élevage complet avec un succès sans précédent, je pense que le plus simple est de raconter très exactement et sans prétention ce que j'ai observé. De cette façon, le lecteur pourra, comme je l'ai fait moi-même, assister aux diverses transformations de ces insectes. Je m'occuperai aujourd'hui de la Phyllie bioculée (*Phyllium bioculatum* Gray) de Ceylan.

Fig. 1. — *Groupe de Phyllies ♂ ♀ à l'état parfait.*

M. le Professeur Bugnion de Lausanne, mon collègue à la Société Nationale d'Acclimatation de France, sur le désir que je lui en avais exprimé, m'avait rapporté en 1913 de son dernier voyage à Ceylan un certain nombre de Phyllies vivantes et une assez grande quantité d'œufs. Toutes les Phyllies adultes étant mortes en cours de route, je résolus de consacrer mes loisirs à l'élevage et à l'étude de ces curieux Orthoptères, en utilisant les œufs encore intacts qui furent placés dans un insectarium vers la fin du mois de juin (fig. 1). Les premières éclosions eurent lieu le 6 août suivant et se succédèrent pendant tout le mois; mais cinq larves seulement sur trente-huit survécurent; les autres, retenues par les deux pattes postérieures dans la membrane intérieure de l'œuf, ne purent se dégager seules, et périrent en se traînant péniblement dans la cage; en vain essayait-on de les aider, soit en brisant l'œuf, soit en mouillant légèrement la membrane avec un pinceau très fin : toute Phyllie ainsi arrêtée était destinée à mourir.

Des cinq restantes aucune n'arriva à l'état adulte, n'ayant sans doute point trouvé dans mon insectarium les conditions indispensables à leur évolution normale.

L'Exposition d'Histoire naturelle, qui eut lieu en juin 1914 sous les auspices de la Société d'Acclimatation, me fournit des éléments nouveaux, et, instruit par la fâcheuse expérience de 1913, je pris toutes les précautions nécessaires pour obtenir un meilleur résultat.

Dix-sept jeunes larves du premier âge furent mises en observation dans un insectarium

perfectionné, où une température de 25 à 30° était entretenue avec une humidité constante; quelques feuilles de Ronce, de Chêne, de Hêtre pourpre, remplaçant les feuilles de Goyavier difficiles à se procurer en France, apportaient à mes Insectes une nourriture acceptée avec plaisir; le problème de l'élevage, sur ce point délicat, était donc résolu à mon entière satisfaction, les Ronces conservant leur feuillage presque intact même par les froids les plus rigoureux.

Pendant quelques jours, aucun phénomène spécial ne se produit dans mon insectarium : les jeunes Phyllies suspendues sous les feuilles demeurent au cours de la journée dans un calme absolu ; au crépuscule seulement, elles semblent se réveiller et commencent leur promenade sur les branches; avançant lentement avec un balancement régulier qui ressemble étonnamment au mouvement du feuillage agité par le vent, elles choisissent la feuille qui leur convient et en entaillent le bord en demi-cercle, la tête remontant après chaque coupe à la partie supérieure tout d'abord attaquée ; leur repas terminé, leur promenade reprend de plus belle, mais l'observateur s'aperçoit vite que quelque chose leur manque ; elles vont de ci, de là, comme tourmentées d'un besoin nouveau ; que désirent-elles ? Sur les vitres de l'insectarium, l'évaporation de l'eau contenue dans le bassin central a produit quelques fines gouttelettes de liquide ; elles s'en approchent rapidement, et écartant les pattes postérieures, l'abdomen recourbé en arc de cercle, elles boivent à longs traits ce nectar nécessaire à leur existence. Il faut, en effet, remarquer que le liquide est, pour les Phyllies, surtout à l'état larvaire, une condition absolue de prospérité.

Une semaine, deux semaines se passent sans changement apparent, quand bientôt l'une de mes petites larves, solidement accrochée sous une branche horizontale, cesse de rechercher sa nourriture, et demeure pendant de longues heures dans un état de complète immobilité.

Je l'examine attentivement, et n'apercevant aucun symptôme de transformation, je remets au lendemain la suite de mon examen, mais voici que le lendemain je constate que la larve a opéré sa transformation pendant la nuit, et qu'elle a grandi d'un tiers, ne laissant comme témoin de sa mue que quelques débris de pattes; tout le reste de sa dépouille a disparu.

Quelques jours plus tard, je fus appelé au commencement d'une transformation, et l'observai sans arrêt. Rien d'extérieur sur les téguments de l'Insecte ne peut encore faire supposer l'instant précis de sa mue, si ce n'est la position de son corps renversé en arc de cercle au-dessous d'une feuille, et l'espèce d'engourdissement dans lequel il reste plongé pendant une journée entière; vers le soir, sa belle couleur verte paraît blanchir ; il se réveille, mais pour souffrir, semble-t-il : des mouvements convulsifs parcourent tout son être ; cette teinte blanche nouvelle, c'est la pellicule qui l'enserre en entier comme une gaine et ne lui permet pas de se développer; les pattes, armées de puissants crochets et d'une pelote médiane, sont comme soudées à la feuille, et doivent soutenir le poids du corps, malgré tous les soubresauts violents qui vont le libérer de sa prison. Que la force de préhension de ces pattes cesse de s'exercer un seul instant, l'Insecte tombe et meurt infailliblement. Mais bientôt les mouvements de gonflement des organes, d'abord assez faibles, s'accentuent, la pellicule se fend sur le thorax; le corselet, la tête apparaissent, retenus par de petits filaments qui s'étirent comme une légère bande de caoutchouc, plus fins à mesure que l'Insecte continue l'effort de sa sortie ; les pattes, les antennes se dégagent à leur tour, et l'Insecte demeure suspendu par l'extrémité de l'abdomen non encore libéré de l'enveloppe, alors que cette enveloppe elle-même, toute transparente, reste en entier fixée par les crochets des pattes au-dessous de la feuille.

Après tant de forces dépensées, il faut bien au moins une demi-heure d'immobilité pour permettre à l'Insecte d'étendre ses différents organes; pendant ce temps d'ailleurs une vie intense circule dans tout son être, et les progrès se font d'une manière graduelle, presque insensible à l'œil de l'observateur; l'abdomen s'élargit, mais l'on ne peut prévoir l'instant précis de la croissance. A 8 h. 20 m. il mesurait 16 millimètres de longueur et 6 millimètres de largeur; à 8 h. 55 m. il mesure 20 millimètres de longueur, 9 millimètres de largeur, et malgré toute mon attention je ne l'ai point vu grandir.

Cependant quelques frémissements nouveaux parcourent l'Insecte, qui semble vouloir essayer ses forces ; les antennes s'agitent avec rapidité et la tête se soulève comme pour se rendre compte des obstacles environnants; bientôt, par un brusque et complet rétablissement, il se redresse, accroche ses pattes antérieures à sa propre dépouille ou à la feuille qui lui sert de support, pendant que l'abdomen se dégage à son tour.

Dans les mues précédentes, j'avais toujours constaté la disparition presque complète de la dépouille des Phyllies; j'eus à ce moment l'explication de ce fait que je considérais comme étrange ; la petite larve paraît affamée, et

cependant elle dédaigne les feuilles de Ronce ou de Goyavier mises à sa disposition : il lui faut une nourriture appropriée à des besoins nouveaux; l'enveloppe qu'elle vient de quitter possède sans doute une valeur nutritive incomparable par les substances chitineuses qui la composent; elle l'attaque aussitôt et la dévore avec la plus grande avidité, ne laissant que les

Fig. 2. — *Dépouilles de Phyllies.*

parties impossibles à atteindre, pour revenir ensuite à sa nourriture habituelle (fig. 2).

Lorsque la Phyllie sort ainsi de son enveloppe, elle est d'une parfaite transparence, d'un vert pâle qui peu à peu devient plus sombre pour ressembler en quelques heures à la feuille elle-même.

***

Le nombre de mues n'est pas de trois, comme le suppose Murray. Il est de cinq pour le mâle, qui mesure à sa naissance 16 millimètres de longueur et 6 millimètres de largeur; la première mue s'opère de 25 à 30 jours après, et non point 10 mois après la naissance comme l'affirme encore gratuitement Murray; quatre mois de temps larvaire ou nymphal suffisent pour préparer l'arrivée de l'Insecte parfait, qui ne vivra que quelques jours dans son éclatante beauté (fig. 3).

La femelle à la naissance et aux premières mues n'a rien qui la distingue du mâle; ce n'est qu'à partir de la troisième mue que les différences se montrent, tant dans les formes que dans les dimensions; alors seulement les élytres commencent à apparaître et l'abdomen à s'élargir, et ces différences s'accentueront de plus en plus au cours des transformations suivantes. Elle subit six mues et mesure à son dernier état une longueur de 84 millimètres, une largeur de 40 millimètres.

Le temps nécessaire aux différentes transformations de la femelle ne dépassait pas 5 mois dans les conditions ordinaires de mon insectarium, mais sous l'influence d'une chaleur humide plus intense le phénomène de transformation s'accomplissait dans un laps de temps plus limité.

Fig. 3. — *Phyllie ♂ opérant sa dernière transformation.*

Les mâles se transforment plus tôt que les femelles, ont une existence plus courte que leurs compagnes, et recherchent moins fréquemment la nourriture; huit mâles parvinrent à l'état adulte, alors que les quatre femelles étaient encore à l'état larvaire ou nymphal; plusieurs d'entre eux moururent sans connaître l'accouplement. Le 16 novembre seulement, une des femelles cessa de manger, ses mouvements devinrent insensibles pendant une trentaine d'heures, et le 18 au matin elle se transforma en Insecte parfait d'un vert émeraude magnifique, sans aucune défectuosité. Elle allait donc jouir de sa vie adulte en même temps que cinq mâles. Le 20 de ce même mois, le premier accouplement eut lieu : il dura plusieurs heures sans aucun mouvement perceptible; le lendemain le mâle était mort, un autre lui succéda qui mourut quelques jours plus tard. Une seule femelle se transforma après la disparition de tous les mâles et donna naissance à des œufs non fécondés.

Le Dr Joly, dans sa communication à l'Académie des Sciences de Toulouse, se basant sur les travaux de Roesel, de Bory et d'Audinet-Serville, prétend que le mâle se transporte la nuit d'un arbre à l'autre et féconde quantité de femelles; d'après lui, l'acte s'accomplirait dans l'attitude d'opposition ventrale. C'est là une erreur absolue : le mâle ne féconde qu'une seule femelle dans la nuit, et l'acte, qui se prolonge plusieurs heures, s'accomplit dans l'attitude normale chez les autres Orthoptères; le mâle reste ensuite près de la même femelle et l'accompagne quelque

temps. Il recommence la même opération les nuits suivantes, toujours sans choisir sa femelle et sans subir de sa part aucune attaque ni détérioration dans ses membres, comme il arrive, par exemple, chez les Mantes.

Les deux sexes à l'état adulte sont très différents. Le mâle, très élancé, très gracieux, est un Insecte qui peut rivaliser comme délicatesse de formes avec les Orthoptères les plus beaux (fig. 4); lorsqu'il se prépare à voler au crépuscule, les ailes, dont la structure imite la gaze ou la dentelle la plus riche, s'ouvrent et se ferment alternativement avec une grâce incomparable. L'insectarium offre alors un spectacle charmant.

La femelle, d'un coloris vert plus foncé, est plus massive, plus épaisse de formes; elle ne vole jamais, ses élytres sont une simple parure, et les ailes lui font complètement défaut.

Fig. 4. — *Phyllie ♂ à l'état parfait.*

Les antennes chez la larve mâle à l'éclosion se composent de 9 articles, leur longueur totale est de 1 millimètre; elles ont 24 articles et mesurent chez l'imago 28 millimètres de longueur; l'accroissement à chaque transformation se fait non par la production d'articles nouveaux, mais par subdivision d'articles déjà formés; de couleur brune, elles sont très finement parsemées de quantité de poils un peu plus clairs. Chez la femelle les antennes n'auront toujours que 9 articles, aussi bien à l'état larvaire qu'à l'état parfait, mais elles seront plus grosses, complètement nues, moniliformes, au moins en ce qui concerne les six derniers articles, le sixième de ceux-ci et dernier de l'antenne étant entièrement ovoïde; leur longueur, de 1 millimètre à la naissance, atteint 5 millimètres chez l'imago.

Les yeux globuleux, très proéminents, ont pendant la vie une assez grande variété de coloris; ils donnent un aspect un peu étrange à la tête quadrangulaire qui porte à son sommet derrière les antennes trois petits ocelles d'un très beau rouge; ceux-ci n'existent d'ailleurs pas chez la femelle, et font place chez elle à une dépression presque circulaire dans une tête beaucoup plus grosse.

Le prothorax, un peu plus court et plus étroit que la tête, imite chez la femelle un écusson largement réticulé.

Le mésothorax, plus long que le prothorax, s'élargit en arrière; il porte de nombreux petits tubercules sur les côtés; à sa partie inférieure s'attachent les élytres du mâle, un peu opaques et d'une longueur de 10 millimètres; ces élytres sont d'une belle couleur verte coupée d'une petite ligne rouge sur le bord de la partie interne, et d'une bande plus large de même couleur sur le sommet de la partie externe. Les élytres membraneux de la femelle sont munis sur leur bord interne d'une forte nervure suturale, d'où partent six nervures moins grandes, se divisant elles-mêmes en multiples rameaux dont la réunion simule une feuille parfaite avec sa nervure centrale, feuille qui couvre plus de la moitié de l'abdomen.

Le métathorax, de forme trapézoïdale, un peu plus long et plus large que le mésothorax chez le mâle, moins long que ce dernier chez la femelle, porte aussi de chaque côté des tubercules assez nombreux; à sa partie antérieure sont attachées les ailes des mâles, transparentes, presque aussi longues que le corps et d'une extrême finesse; les femelles sont totalement dépourvues de cet organe.

Les pattes, de même couleur que le corps, se terminent par des tarses bruns, ciliés, à cinq articles, dont le premier plus long, le dernier muni d'une pelote située entre les deux crochets terminaux; quelquefois chez le mâle elles sont moitié vertes moitié brunes; les pattes antérieures des femelles sont remarquables par les expansions lamelleuses des cuisses, dont la longueur dépasse 30 millimètres et la largeur 18 millimètres. Au repos, elles enchâssent la tête dans leur échancrure, épousant tous ses contours, sans solution de continuité; les pattes médianes et postérieures ont l'apparence d'un triangle orné de pointes très fines sur les bords. Ces expansions foliacées et dentelées sont de moindre envergure chez les mâles.

L'abdomen de la femelle, très grand, composé de 9 segments, représente les 2/3 du corps; vivement caréné sur le milieu, il se dilate sur les bords en une membrane foliacée, large, très aplatie et munie de nervures très fines qui lui donnent l'apparence d'une feuille ovale; le septième segment est largement échancré, et le dernier se termine sur le côté par deux petites palettes qui n'existent pas chez le mâle; l'abdomen de celui-ci s'orne au quatrième segment de

deux petites taches blanches arrondies, transparentes, entourées d'un cercle brun du plus bel effet.

La dilatation des segments se continue graduellement depuis le premier jusqu'au quatrième, devient insensible aux trois suivants; à partir de là le corps se rétrécit en affectant une forme ovale. Chez les femelles au contraire, dès le quatrième segment, la largeur diminue assez rapidement, cette largeur étant la plus considérable à la jonction du troisième et quatrième segment.

La taille du mâle atteint généralement de 5 à 6 centimètres, et celle de la femelle de 7 à 8 centimètres, très rarement 9 centimètres; la largeur de cette dernière, qui varie en raison de la taille, est au minimum de 4 centimètres.

*
* *

L'insectarium est très animé au déclin du jour, les mâles volent à la recherche des femelles, et savent fort bien les trouver, malgré leur extrême ressemblance avec les feuilles qui les abritent.

C'est là en effet une des particularités les plus curieuses de ces Orthoptères : leur forme est exactement semblable à celle d'une feuille de Goyavier, leur nourriture préférée; le coloris d'un très beau vert s'harmonise merveilleusement avec la plante en bon état. Si l'excès de chaleur ou un accident quelconque amène une perturbation dans l'organisme de la feuille, l'Insecte suit le même mouvement : il prend la coloration jaune pâle, jaune foncé et quelquefois brune comme la plante desséchée; dans ce cas souvent il s'accroche à une branche par les deux pattes antérieures dont les larges expansions lamelleuses atteignent plus d'un centimètre; ces pattes réunies prennent alors une couleur de rouille imitant parfaitement les bords tachés de la feuille.

M. Morton croit que ces taches sont permanentes chez certains sujets; j'ai pu noter, au contraire, la non fixité de ces taches sur le même individu.

La disposition des nervures ne se différencie en rien dans la feuille et dans les élytres de la Phyllie femelle : dans l'une comme dans l'autre, la nervure principale occupe la ligne médiane; toutes les autres partant de ce centre se ramifient jusqu'aux extrémités pour se diviser à l'infini dans les intervalles; feuilles et élytres présentent par transparence la même contexture (fig. 5).

Faut-il voir dans cette ressemblance la raison d'un accident arrivé à l'un de mes Insectes? Le fait suivant peut l'établir. Le 12 juillet je renouvelle le feuillage de l'insectarium, et chacune des Phyllies vient à son tour sur mon doigt afin d'être transportée sans heurts sur une feuille plus fraîche; or l'abdomen de l'une d'entre elles est profondément échancré en un demi-cercle très régulier, comme s'il avait été mangé par l'une de ses compagnes de captivité, et cette échancrure, qui ne paraît pas affecter l'infirme, a cependant diminué l'abdomen d'un sixième de sa

Fig. 5. — *Phyllie ♀ à l'état parfait.*

substance; je compare cet abdomen ainsi entaillé avec une feuille à moitié dévorée : aucun doute n'est possible, c'est bien la même forme de coupure, le même procédé de destruction.

Quelques jours après, on m'appelle au moment où un Insecte commence à tailler l'abdomen d'un autre; pendant quelques secondes l'opération se poursuit sans que le patient fasse un mouvement sérieux pour s'opposer à pareille mutilation, tout au plus quelques petites secousses de recul, et l'affamé ne s'arrête qu'après avoir enlevé une large parcelle de membrane, la victime par une fuite assez rapide montrant ainsi que des portions plus sensibles de son être venaient d'être atteintes (fig. 6).

Si je rappelle que, contrairement à ce qui se passe pour un certain nombre d'autres Orthoptères, jamais chez les Phyllies la femelle ne

touche le mâle avant ou après l'accouplement, et qu'elle est essentiellement phytophage, je suis autorisé à admettre qu'elle est ici trompée par la ressemblance.

***

Le 20 novembre, les premiers accouplements eurent lieu, et le 7 décembre, le premier œuf faisait son apparition au fond de l'insectarium; les jours suivants les pontes se succédèrent sans interruption d'une manière fort régulière.

Fig. 6. — *Larve de Phyllie dont l'abdomen a été en partie mangé par une de ses compagnes.*

Certains auteurs ont prétendu que l'œuf sort lentement de l'oviducte, alors que la femelle continue tranquillement sa promenade ou son repas; il y a là une erreur manifeste; j'ai assisté à bien des pontes, et toujours elles se sont opérées de la manière suivante : l'œuf, retenu quelque temps par ses arêtes aiguës dans les appendices foliacés de l'oviducte, sort lentement aux 3/4, et est alors projeté au loin par un mouvement violent de l'abdomen d'avant en arrière; le bruit de la chute de l'œuf contre la vitre de l'insectarium s'entend parfaitement à quelques mètres; le même acte se répète toujours ainsi quand l'Insecte est en parfaite santé; pour s'en rendre compte, il suffit de vaporiser le feuillage; la fraîcheur de l'eau excite chez la Phyllie une ponte immédiate. Ce n'est que dans les derniers jours de son existence que l'Insecte n'a plus la force d'expulser violemment son œuf; à ce moment ses organes sont comme fatigués, anémiés, l'œuf reste des heures entières visible au bord de l'abdomen et tombe lentement sur le sol, et cette faiblesse croissante de l'Insecte explique le grand nombre d'œufs restés parfois dans l'abdomen de la femelle après la mort.

Brun et rugueux, l'œuf ressemble comme forme et comme grosseur à une graine de *Conium maculatum* ou de *Mirabilis Jalapa* dont on aurait exagéré les arêtes, celles-ci ayant pour but de protéger la partie fragile de l'œuf dans sa chute contre le sol. Ainsi le mimétisme de l'Insecte adulte avec la feuille se double de la ressemblance absolue de l'enveloppe de son œuf avec certains tissus végétaux.

Je ne m'attarderai pas à décrire la composition et la structure de l'œuf de la Phyllie, les travaux de Murray, Owen, Joly, Henneguy, sur ce sujet étant suffisamment complets; je noterai cependant ce détail qui infirme une opinion émise par quelques-uns : tous les œufs, les plus proches de l'oviducte comme aussi les plus profondément enfoncés dans les gaines ovigères, sont toujours munis de leur enveloppe à cinq arêtes plus ou moins bien formée selon leur degré d'avancement; je n'ai jamais vu de glande sébifique pyriforme destinée à enduire les œufs d'un vernis protecteur, et à former la capsule.

Les 4 Phyllies femelles écloses en juin 1914, arrivées à l'état parfait en novembre-décembre, mortes en mars-avril 1915, produisirent 643 œufs; en septembre de la même année, plus de 400 petites larves étaient écloses, dont un grand nombre, devenues imago, furent fécondées, et donnèrent une ponte de plusieurs milliers d'œufs; en ce moment (fin juillet 1916), mes insectariums sont peuplés d'une troisième génération composée de plus de 1.200 jeunes larves, fort gênées, il est vrai, dans leur étroite prison. J'ignore si la femelle de la première génération qui n'a pas connu de mâle, aussi active cependant dans la ponte que ses trois compagnes, a donné naissance à de nouveaux êtres.

Il est facile de se rendre compte du mode d'éclosion des Phyllies; il suffit pour cela de se présenter chaque matin devant l'insectarium entre 9 heures et 11 heures; presque toujours l'observateur assistera à une ou plusieurs naissances. Dans l'œuf, l'Insecte est replié sur lui-même, attendant le moment où l'opercule, en se détachant, lui livrera passage; c'est le thorax qui, muni de l'ampoule cervicale, rejette l'opercule entouré à sa base d'un léger cercle et sort le premier; la tête à son tour quitte sa retraite, et l'abdomen s'étire lentement; les pattes postérieures sortent les dernières. L'abdomen, mince et filiforme à sa sortie de l'œuf, ne dépasse pas la largeur de la tête et du thorax, c'est-à-dire 1 millimètre, mais aussitôt dehors il se déroule, s'étale et s'aplatit comme une mince feuille de papier; toute la membrane est d'un rouge très vif, excepté la partie médiane d'un rouge plus sombre; cette coloration disparaîtra graduellement dans les quatre ou cinq jours suivants, pour faire place à la teinte verte définitive.

L'opération du développement dure environ 30 minutes; à ce moment la petite Phyllie, très vive et très légère, parcourt rapidement les parois de sa cage; si un obstacle l'arrête et provoque sa

chute, sa légèreté la met à l'abri de tout danger; l'air la soutient, la chute est lente et jamais verticale, le plus petit souffle d'air la portant plus loin. Elle est transparente, et l'on peut suivre très facilement tous les mouvements intérieurs des différents organes.

Sauf la dimension des expansions foliacées des pattes, la largeur de l'abdomen, la longueur des antennes, l'état rudimentaire des ailes ou des élytres et des organes reproducteurs, la larve qui vient d'éclore est en tout semblable à la nymphe et à l'imago, et l'on comprend assez la pensée de ceux qui veulent voir dans les trois formes un seul et même état (fig. 7).

Fig. 7. — *Larve de Phyllie à sa deuxième transformation.*

Nous voici revenu à notre point de départ : le lecteur, curieux de reproduire cet élevage si intéressant, connaît les méthodes qui m'ont réussi. Un mot encore cependant. Il est bon de renouveler chaque semaine le feuillage destiné aux Insectes, mais alors de grandes précautions doivent être prises, afin de ne point froisser leurs organes si délicats; la chaleur de la main les attirant, je leur présente le doigt pour les transporter d'une branche desséchée sur une autre plus fraîche et j'évite du même coup un accident trop fréquent : l'autotomie.

Pour peu en effet que ces Insectes, à l'état larvaire surtout, se sentent légèrement froissés, ils abandonnent entre les mains de celui qu'ils supposent vouloir attenter à leur liberté, le membre par lequel ils sont saisis.

Cette amputation volontaire n'a d'ailleurs pas de conséquence bien grave pour celui qui se l'inflige; à la mue suivante, celui-ci récupérera en effet l'organe perdu qui restera néanmoins toujours de dimension plus faible, mais n'empêchera pas l'Insecte de prospérer (fig. 8).

Fig. 8. — *Larve de Phyllie ayant récupéré la patte gauche perdue par autotomie.*

La chaleur et l'humidité sont les deux facteurs essentiels du bon développement de ces Insectes tropicaux; en faisant varier la température principalement, on peut modifier presque à son gré la rapidité de leur transformation et j'estime que de ce chef la variation peut atteindre quelques mois.

L'abbé G. Foucher,
Conservateur du Musée de l'Institut catholique de Paris.

REVUE DE PATHOLOGIE GÉNÉRALE

Parmi les maladies dont la guerre actuelle a provoqué la recrudescence, figurent en proportion notable la fièvre typhoïde et la dysentérie. Le grand nombre de cas observés dans nos armées a permis de confirmer en les précisant quelques notions dont s'était récemment enrichie l'histoire de ces maladies et qui modifient notablement les opinions naguère classiques sur leurs causes et leur nature. Intéressant déjà par son caractère d'actualité, ce sujet s'impose d'autant plus à l'attention que de ces données nouvelles résultent des applications pratiques d'une portée capitale pour le traitement préventif ou curatif.

I. — Fièvre typhoïde, fièvres paratyphoïdes

L'origine de la fièvre typhoïde a donné lieu, dans le passé, à des discussions et à des théories contradictoires. Avant l'ère bactériologique, deux doctrines surtout ont été soutenues. Suivant Murchison, la cause de la maladie était un poison

indéterminé qui se formait dans les matières fécales décomposées (théorie pythogénique), que ces matières provinssent ou non d'un sujet atteint de cette maladie, de sorte que la fièvre typhoïde pouvait se développer en dehors de toute contamination par un malade, d'une façon spontanée (origine autogène). Suivant Budd, au contraire, la maladie était due à une cause spécifique et ne pouvait se développer qu'en se transmettant d'un malade qui en était atteint à un sujet sain.

Après la découverte du bacille typhique par Eberth (1880) et les recherches de Gaffky (1884) qui l'isola en cultures pures, l'accord se fit rapidement : d'une manière à peu près unanime, la fièvre typhoïde fut considérée comme une maladie microbienne, produite constamment et exclusivement par ce bacille d'Eberth.

Toutefois les caractères de ce microbe restèrent d'abord assez mal précisés. On ne tarda pas à reconnaître qu'il ressemblait à un germe banal, abondamment répandu dans l'intestin normal, le colibacille, qu'on appelait à cette époque *Bacterium coli commune*. On put même tenir pour vraisemblable qu'il eût été confondu plus d'une fois avec ce bacille d'Escherich dans les analyses de matières fécales et d'eaux de boisson, faites en vue de reconnaître la nature et l'origine des épidémies typhoïdiques.

Aussi vit-on renaître, sous une forme rajeunie, la théorie autogène, d'après laquelle la fièvre typhoïde pouvait naître sans transmission du bacille d'Eberth, et les auteurs lyonnais, Rodet et Gabriel Roux en particulier, soutinrent l'opinion que le colibacille pouvait se transformer en bacille d'Eberth.

On chercha donc des caractères distinctifs plus précis entre ces deux germes et les partisans de ce qu'on appelait alors la spécificité du bacille d'Eberth, c'est-à-dire la nature exclusivement éberthienne de la fièvre typhoïde, ne tardèrent pas à en découvrir. Ce fut d'abord l'action du microbe sur le lactose : le colibacille fait fermenter ce sucre dans les milieux de culture avec dégagement de bulles gazeuses, ce que ne fait pas le bacille d'Eberth. Il coagule le lait, ce que ne fait pas non plus le bacille d'Eberth (Chantemesse et Widal). D'autre part, sur les vieilles cultures de bacille d'Eberth, tandis que ce même bacille est incapable de pousser de nouveau, comme si le milieu était vacciné contre lui (Chantemesse et Widal), le colibacille, au contraire, est capable de végéter (Wurtz).

Cependant on s'aperçut bien vite que le colibacille n'est pas un microbe d'un type uniforme, mais qu'il représente plutôt un groupe microbien, comprenant des types multiples, parmi lesquels certains se rapprochent du bacille d'Eberth, formant en quelque sorte des chaînons intermédiaires. J'ai décrit avec Jules Renault [1], en 1892, plusieurs de ces types dans les infections urinaires de l'homme. Gilbert et Lion [2] les ont ensuite étudiés dans les matières fécales en leur donnant le nom de paracolibacilles (1893).

Or, certains de ces types paracolibacillaires, comme nous l'avons montré avec J. Renault, ne font que peu fermenter le lactose, de sorte qu'ils ne coagulent pas le lait à la température de l'étuve, se comportant en cela comme le bacille d'Eberth. Néanmoins ils acidifient assez le lait pour que, si la culture est portée à l'ébullition, la coagulation se fasse aussitôt. Par là ils se distinguent donc du bacille d'Eberth. De plus, ces paracolibacilles se développent sur les anciennes cultures du bacille d'Eberth, ce qui achève de montrer qu'ils ne s'identifient nullement avec lui.

Il faut bien dire, d'ailleurs, que les recherches bactériologiques entreprises chez l'homme atteint de fièvre typhoïde, notamment les ensemencements du suc splénique obtenu par ponction de la rate et ceux du pus de certaines complications, ne montraient guère que du bacille d'Eberth et non ces paracolibacilles.

Un nouveau signe différentiel très important vint ensuite s'ajouter aux précédents. Le phénomène de l'agglutination des microbes par les sérums spécifiques permit à Grüber [3] de distinguer dans les cultures le bacille d'Eberth du colibacille et de ses divers types. Puis Widal [4] (1896), faisant agir sur les cultures du bacille d'Eberth le sérum des malades atteints de fièvre typhoïde, fonda la méthode du séro-diagnostic qui a rendu de grands services pour reconnaître la maladie chez l'homme et la distinguer des infections qui peuvent lui ressembler. On vit alors que le sérum de ces malades agglutinait le bacille d'Eberth, mais restait sans action sur le colibacille et les paracolibacilles.

Quelques mois s'étaient à peine écoulés depuis les premières applications du sérodiagnostic,

1. Ch. Achard et Jules Renault : Sur les bacilles de l'infection urinaire. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 9 avril 1892, p. 311. Sur les différents types de bacilles urinaires appartenant au groupe du *Bacterium coli*. *Ibid.*, 17 déc. 1892, p. 983.

2. Gilbert et Lion : Contrib. à l'étude des bactéries intestinales. *Mém. de la Soc. de Biologie*, 18 mars 1893, p. 55.

3. Grüber : Active und passive Immunität gegen Cholera und Typhus. *Wiener klin. Wochenschr.*, 1896, p. 183 et 201.

M. Grüber et H. L. Durham : Ein neue Methode zur raschen Erkennung des Choleravibrion und des Typhusbacillus. *Münch. med. Wochenschr.*, 31 mars 1896, p. 281.

Grüber : *Verhandl. des XIV Congresses f. innere Med.*, avril 1896, p. 213.

4. F. Widal : Séro-diagnostic de la fièvre typhoïde. *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des Hôpit.*, 26 juin 1896, p. 561.

quand j'eus l'occasion d'observer avec Bensaude, à l'hôpital Beaujon, une malade dont les symptômes étaient ceux d'une fièvre typhoïde classique, compliquée même d'hémorragie intestinale, de phlébite et de pyélonéphrite, et dans l'urine de laquelle nous pûmes déceler un germe un peu différent du bacille d'Eberth. Ce microbe était bien agglutiné par le sérum de la malade, mais non par celui d'autres malades atteints de fièvre typhoïde, et le sérum de cette femme n'agglutinait pas non plus le bacille d'Eberth. Comparant ce microbe avec un autre échantillon microbien recueilli quelques mois auparavant dans un abcès opéré par Walther, consécutivement à une maladie aiguë mal déterminée chez un nouveau-né, nous lui trouvâmes des caractères identiques. Ce nouveau bacille se distinguait donc du bacille d'Eberth par l'agglutination. De plus, il s'en séparait encore en ce qu'il se développait sur les anciennes cultures de bacille d'Eberth. Il s'en rapprochait, par contre, par son défaut d'action sur le lactose : non seulement, en effet, il ne formait pas de bulles dans les bouillons lactosés, mais encore il ne coagulait pas le lait, même lorsqu'on portait ce lait à l'ébullition. En cela il se distinguait donc du colibacille et des paracolibacilles. De même, les épreuves de réensemencement sur les anciennes cultures attestaient son individualité propre.

Plus voisin, par conséquent, du bacille d'Eberth que du colibacille, il nous parut mériter le nom de *bacille paratyphique*, qui marquait en quelque sorte sa place entre le bacille d'Eberth et les paracolibacilles, dans la série de types microbiens qui relie le colibacille au bacille d'Eberth.

La constatation de ce microbe chez des malades atteints d'infections à caractère typhoïde et, en particulier, dans un cas de fièvre typhoïde typique, constituait la première démonstration du rôle d'un autre germe que le bacille d'Eberth dans la genèse de cette maladie. Elle faisait une place, à côté de la fièvre typhoïde éberthienne, à la fièvre typhoïde à bacilles paratyphiques ou fièvre paratyphoïde. La distinction de ces deux infections voisines reposait sur les propriétés agglutinantes du sérum des malades et sur les caractères biologiques des bacilles récoltés chez ces malades.

Notre premier travail sur les infections paratyphoïdes[1] (nov. 1896) ne trouva d'abord que peu de faveur, la spécificité du bacille d'Eberth paraissant établie solidement après les vives discussions qu'elle avait soulevées. L'année suivante (1897), Widal et Nobécourt[1], ayant retiré d'un abcès du cou un bacille identique au nôtre, ainsi que Brion le reconnut plus tard, le décrivirent comme un paracolibacille. En Amérique, quelques cas d'infections paratyphoïdes furent aussi publiés par Brill (1898), Gwyn (1898), Cushing (1900), sans que les microbes trouvés fussent désignés sous la dénomination que nous avions proposée; Gwyn[2] employa même le terme de « paracolonbacillus ».

C'est à la suite de recherches faites à Hambourg par Schottmüller[3] que l'attention des bactériologistes et des cliniciens se porta définitivement sur les infections à bacilles paratyphiques. Schottmüller employa ce terme, sans mentionner ni paraître savoir qu'il avait été employé déjà en France quatre années avant, ni que les infections déterminées par ces bacilles et semblables à la fièvre typhoïde éberthienne y avaient fait l'objet d'une description.

Ce qu'il y a de plus nouveau dans les recherches de l'auteur allemand, c'est que les bacilles récoltés chez ses malades formaient, par leurs caractères, deux groupes distincts, qui furent désignés plus tard par Kayser sous les noms de type A et type B. Le bacille paratyphique B est identique à celui de nos deux premières observations.

Depuis, les fièvres paratyphoïdes ont été observées un peu partout, souvent sous la forme d'épidémies, associées généralement à une épidémie de fièvre typhoïde éberthienne. Les publications qui s'y rapportent se sont rapidement multipliées[4] et la place de ces infections dans la pathologie humaine n'a fait que prendre une importance croissante. La guerre actuelle, en faisant apparaître leur extrême fréquence, a fait de leur étude un sujet d'actualité.

Tandis que les fièvres paratyphoïdes prenaient ainsi leur rang dans les descriptions nosologiques, nombre d'auteurs s'efforçaient d'ajouter aux distinctions bactériologiques des distinctions

1. Ch. Achard et R. Bensaude : Infections paratyphoïdiques. *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des Hôpit.*, 27 nov. 1896, p. 820.

1. F. Widal et P. Nobécourt : Séroréaction dans une infection à paracolibacilles. *Semaine médic.*, 4 août 1897, p. 285.

2. N. B. Gwyn : On infection with a paracolon bacillus in a case with all the clinical features of typhoid fever. *Bull. of the John Hopkins Hosp.*, mars 1898, vol. IX, p. 54.

H. Cushing : A comparative study of some members of a pathogenic group of bacilli of the Hog-cholera or *Bac. enteritidis* (Gärtner) type, intermediate between the typhoid and colon groups. *Bull. of the John Hopkins Hosp.*, juill.-août 1900, p. 156.

3. Schottmüller : Ueber eine das Bilde des Typhus bietende Erkrankung hervorgerufen durch typhusähnlichen Bacillen. *Deutsche med. Wochenschr.*, 1900, p. 511. — Weitere Mitteilungen über mehrere das Bild des typhusbietende Krankheitsfälle, hervorgerufen durch typhus ähnlichen Bacillen (Paratyphus). *Zeitschr. f. Hyg. und Infektionskr.*, 1900, Bd. XXXIX, p. 368.

4. Voir pour l'historique des infections par les bacilles paratyphiques : G. Ronneaux : Le paratyphus, les infections paratyphoïdiques, Thèse de Paris, 1904.

cliniques et anatomo-pathologiques, afin de mieux les séparer de la fièvre typhoïde éberthienne. On faisait remarquer que les fièvres paratyphoïdes sont généralement moins intenses, moins longues, moins graves, moins compliquées que la typhoïde éberthienne; que la fréquence relative de certains symptômes n'est pas la même; que les lésions intestinales y sont moins accentuées, moins régulières et parfois différentes. Mais aucun de ces caractères différentiels, exacts si l'on envisage l'ensemble des cas et la description nosographique, ne résiste à la critique si l'on en veut faire l'application à des cas particuliers pour un diagnostic à porter au lit du malade. La fièvre typhoïde éberthienne peut, d'ailleurs, elle-même revêtir des formes légères et courtes, avec des débuts parfois brusques, des apparences d'embarras gastrique, des taches rosées abondantes, tous caractères donnés comme plus fréquents dans les fièvres paratyphoïdes. Et celles-ci peuvent à leur tour offrir tout l'ensemble des manifestations cliniques de la fièvre typhoïde éberthienne la plus classique, avec la même diversité de formes, la même variété de complications, dont les premières observations que j'ai publiées avec Bensaude montraient déjà des exemples.

Il résulte de là que le clinicien, dans l'impossibilité de faire une distinction qui relève seulement de la bactériologie, doit considérer que les maladies typhoïdes ressortissent à deux groupes : la fièvre typhoïde éberthienne et les fièvres paratyphoïdes, chacun de ces deux groupes comportant des formes très variées, légères ou graves.

D'ailleurs les symptômes typhoïdes proprement dits ne se voient pas seulement dans ces infections éberthiennes et paratyphiques. On sait depuis longtemps qu'il existe des « états typhoïdes » dans le cours de maladies dont l'étiologie est tout autre. Le nom de certaines infections en témoigne, par exemple le typhus exanthématique, le typhus récurrent, le typhus amaril. D'autre part, la tuberculose aiguë, la grippe, la pneumonie, la trichinose peuvent revêtir aussi le masque d'une affection typhoïde. Seulement, dans ces typhoses diverses, si le diagnostic du clinicien peut hésiter devant certaines ressemblances symptomatiques, les circonstances étiologiques diffèrent souvent et les lésions toujours. Au contraire, dans les typhoses paratyphiques, non seulement la clinique seule ne permet pas un diagnostic précis avec la fièvre typhoïde éberthienne, mais ni les circonstances étiologiques ni même l'anatomie pathologique ne fournissent non plus les éléments d'un diagnostic différentiel suffisamment motivé. C'est à la bactériologie qu'il est nécessaire de les demander.

Il est intéressant de remarquer à ce propos que cette conception nouvelle de la fièvre typhoïde s'harmonise fort bien avec ce que nous savons depuis peu sur plusieurs autres infections, considérées naguère comme des maladies univoques, mais formant en réalité, d'après les acquisitions plus ou moins récentes de la microbiologie, des groupes d'infections causées chacune par des germes distincts quoique le plus souvent assez voisins. La méningite cérébrospinale, manifestation la plus habituelle de l'infection méningococcique, peut être due non seulement au méningocoque de Weichselbaum, mais parfois aussi à un paraméningocoque. Dans les infections tétragéniques, on a reconnu de même l'existence de paratétragènes. Dans la dysentérie, la dissociation de l'étiologie est poussée encore plus loin, car non seulement on décrit des dysentéries bacillaires produites par plusieurs types voisins de bactéries (types Shiga, Flexner, His), mais encore on connaît des dysentéries provoquées par des microzoaires variés, l'amibe le plus souvent, plus rarement les *Balantidium*, *Lamblia*, etc., d'autres dysentéries infectieuses relevant du bacille tuberculeux, des colibacilles, des bacilles paratyphiques, enfin des dysentéries toxiques dont la plus importante est la dysentérie mercurielle.

En un mot, il s'agit là d'autant de syndromes anatomo-cliniques dont chacun peut être engendré par des causes différentes.

Une autre remarque intéressante à laquelle donne lieu cette conception de la pluralité bactériologique de la fièvre typhoïde, c'est que les bacilles qui la déterminent ne produisent pas que des infections à forme typhoïde. On a décrit des infections plus ou moins localisées à certains organes et provoquées par le bacille d'Eberth sans qu'il y eût d'état typhoïde; ces faits sont, à vrai dire, exceptionnels. Au contraire, les bacilles paratyphiques peuvent produire, avec plus de fréquence, des manifestations anatomo-cliniques des plus variées, ainsi que nous l'avions déjà fait prévoir avec Bensaude dans notre travail initial. Non seulement les bacilles paratyphiques engendrent la fièvre paratyphoïde, mais ils déterminent parfois de simples entérites et des ictères infectieux, bénins ou graves; ils sont encore les agents responsables de la psittacose ou maladie dite des perruches infectieuses, dont le bacille, décrit par Nocard, s'identifie au bacille paratyphique B et qui se traduit chez l'homme par des broncho-pneumonies avec un état général plus ou moins grave. C'est aussi au

bacille paratyphique B ou à ses variétés que l'on rapporte une série d'infections propres aux animaux : le bacille de la septicémie des souris de Löffler (*Bacillus typhi murium*), le bacille de la septicémie des rats de Danysz, le bacille de la septicémie des veaux de Thomassen, le bacille du choléra des porcs (hogcholera) (*Bacillus suipestifer*) de Salmon et Smith (1885). C'est encore au groupe des bacilles paratyphiques qu'appartiennent plusieurs microbes considérés comme les auteurs des intoxications alimentaires, notamment le bacille de Gärtner trouvé dans l'épidémie de Frankenhausen (1888) et le bacille de l'épidémie d'Aertryck (1899) qui est un bacille paratyphique B. Ce groupe des bacilles paratyphiques possède donc un pouvoir pathogène dont les manifestations symptomatiques sont beaucoup plus variées que pour le bacille d'Eberth. Quant au colibacille et aux paracolibacilles, ils peuvent, eux aussi, produire des infections de forme et de siège très variés, mais ils ne déterminent que très exceptionnellement une infection générale ressemblant plus ou moins à la fièvre typhoïde.

Ce sont donc, en somme, le bacille d'Eberth et les bacilles paratyphiques qui, à peu près exclusivement, réalisent chez l'homme le tableau classique de la fièvre typhoïde.

On a critiqué les dénominations de bacilles paratyphiques et d'infections paratyphoïdes ; on a proposé de désigner sous le nom de *Salmonella* le bacille paratyphique B, parce que Salmon l'a décrit le premier chez le porc, et l'on a donné le nom de salmonelloses aux infections que provoque ce bacille. Assurément la nomenclature des microbes est chose difficile, parce que les bases de leur classification naturelle sont encore un peu fragiles. Aussi dans la plupart des cas, lorsqu'il s'agit de microbes pathogènes, se garde-t-on de négliger, pour les classer et les nommer, les effets morbides qu'ils déterminent dans l'organisme de l'homme et des animaux. Or le bacille décrit par Salmon et Smith comme l'agent responsable du choléra des porcs n'est pas, en réalité, la cause de cette infection : d'après des recherches plus récentes, cette maladie porcine est imputable à l'action d'un autre virus, encore indéterminé, dont on sait seulement qu'il est un microbe filtrant. Il semble donc peu rationnel de prendre comme prototype des infections engendrées par ce bacille de Salmon ou paratyphique B précisément une maladie dont il n'est pas la cause.

De plus, le bacille paratyphique A, qui n'est pas le bacille trouvé par Salmon, détermine chez l'homme des maladies typhoïdes tout à fait semblables à celles que produisent le bacille d'Eberth et le bacille paratyphique B, de sorte que les infections du type A ne sauraient trouver place parmi les salmonelloses.

Si, laissant de côté la bactériologie pure, on envisage la question pathologique, il est clair que le fait important et nouveau, dans l'histoire des maladies typhoïdes, est l'existence de fièvres typhoïdes dues non pas au bacille d'Eberth, mais à des microbes voisins de lui. C'est la démonstration de ce fait, en 1896, qui a dissocié, pour ainsi dire, l'étiologie microbienne de la fièvre typhoïde, et entraîné par là des conséquences intéressantes non seulement pour la conception théorique de cette maladie, mais aussi pour la pratique. Dès lors, en effet, pour le diagnostic des maladies typhoïdes, le clinicien a dû chercher ses réactions spécifiques non plus exclusivement dans une épreuve de sérodiagnostic avec le bacille d'Eberth, mais encore dans des épreuves analogues, répétées avec des bacilles voisins, et d'autre part les vaccinations préventives, comme aussi les essais de traitement curatif de ces maladies typhoïdes, n'ont pu se borner non plus au seul emploi du vaccin préparé avec ce bacille d'Eberth, mais ont dû recourir également à celui de vaccins préparés avec ces bactéries voisines.

Voilà pourquoi le terme de paratyphiques donné à ces microbes voisins du bacille d'Eberth offre, à mon avis, des avantages. C'est qu'il indique d'une façon nette non seulement que les fièvres dites paratyphoïdes sont cliniquement voisines de la fièvre typhoïde éberthienne, seule connue précédemment, mais aussi que leur diagnostic microbiologique est à faire avec cette dernière et que leur prophylaxie comme leur traitement spécifique réclament des moyens analogues sans doute, mais spécifiquement distincts cependant de ceux qui conviennent pour la fièvre typhoïde éberthienne. C'est guidés par ces raisons que nous avons employé ces termes de bacilles paratyphiques et d'infections paratyphoïdes lors de notre premier travail avec Bensaude, et ces mêmes motifs ont déterminé sans doute les auteurs qui nous ont suivis à se servir des mêmes noms, alors même qu'ils paraissaient ignorer l'usage que nous en avions fait déjà.

Une double conséquence pratique, intéressant, comme je viens de le dire, le diagnostic et la thérapeutique, résulte de la découverte des infections paratyphoïdes.

Parmi les procédés bactériologiques applicables à la clinique, il en est deux qui sont aujourd'hui d'un emploi courant pour le diagnostic des

maladies typhoïdes : ce sont le sérodiagnostic par l'agglutination des microbes au contact du sérum des malades, et l'ensemencement de milieux appropriés avec le sang puisé dans la veine des malades, ou hémoculture. Le sérodiagnostic a d'abord été à peu près seul en usage; on tend à lui substituer de préférence l'hémoculture. Des discussions se sont élevées récemment à ce sujet : il y a des partisans décidés du séro-diagnostic[1]; d'autres le rejettent entièrement et n'admettent que la recherche du bacille spécifique dans le sang[2].

Il arrive, en effet que, dans certains cas, le sérum de malades atteints de fièvre typhoïde agglutine non seulement le bacille d'Eberth, mais encore, à des degrés plus ou moins élevés, les bacilles paratyphiques, et que, réciproquement, le sérum de malades atteints de fièvres paratyphoïdes agglutine aussi le bacille d'Eberth. Il s'agit le plus souvent de ce qu'on appelle les agglutinations de groupe : la propriété agglutinante du sérum, développée par l'action d'un microbe, s'exerce non seulement sur ce microbe spécifique, mais encore sur les microbes très voisins qui font partie du même groupe; mais alors elle ne s'exerce sur ces derniers qu'à un degré bien plus faible. Si donc l'on constate une très forte agglutination pour l'un des trois microbes : bacille d'Eberth, bacille paratyphique A ou B, et très faible pour les deux autres, l'épreuve du séro-diagnostic peut être considérée comme valable et démonstrative.

On a parfois encore employé, pour lever les doutes que pourraient faire naître ces coagglutinations, le procédé de la saturation des agglutinines imaginé par Castellani : on fait absorber l'agglutinine spécifique par le microbe le plus agglutiné par le sérum, puis on cherche avec les autres microbes voisins si l'agglutination se produit encore. Si le résultat est négatif, c'est qu'il n'y avait qu'une seule agglutinine et qu'il s'agissait par conséquent d'une agglutination de groupe. S'il est positif, la question d'une infection mixte doit alors être envisagée.

Il y a, d'ailleurs, des cas où l'agglutination est élevée à la fois pour deux des trois microbes : c'est encore à une association de deux germes qu'il faut alors songer. Les faits de cet ordre sont à l'étude. Les recherches récentes de MM. Chantemesse et Grimberg[1], en particulier, tendent à montrer la fréquence de ces infections associées et la facilité avec laquelle on peut les méconnaître lorsqu'on se contente d'un séro-diagnostic hâtif ou d'une hémoculture faite sans les précautions spéciales de technique propres à déceler la nature mixte de l'infection.

Enfin, il va sans dire que les épreuves d'agglutination doivent être faites avec rigueur, quant à la mesure comparative du taux d'agglutination pour les différents microbes et qu'on ne doit employer que des échantillons microbiens facilement agglutinables, ce qui n'est pas le cas pour tous; nous avons signalé cette particularité pour la première fois avec Bensaude[2] en 1896, précisément en décrivant les bacilles de la fièvre paratyphoïde et en indiquant les causes d'erreur qui pouvaient résulter de ce fait alors nouveau, mais maintes fois vérifié depuis, pour la pratique du séro-diagnostic.

En outre, ce qui peut encore, à l'heure actuelle, obscurcir la question du diagnostic des maladies typhoïdes par l'agglutination, c'est l'influence d'une vaccination préventive. Comme on a beaucoup vacciné, d'une façon presque exclusive, contre le seul bacille d'Eberth, il arrive que des malades présentant les symptômes d'une maladie typhoïde ont déjà, du fait de cette vaccination, un sérum doué d'un pouvoir agglutinant plus ou moins élevé pour ce bacille. Il y a donc là une cause d'erreur. Aussi préfère-t-on généralement en pareil cas pour le diagnostic l'hémoculture. Néanmoins l'agglutination, lorsque l'épreuve peut être répétée avec les divers microbes des infections typhoïdes, lorsqu'on peut mesurer les taux d'agglutination, en dresser des courbes, en suivre les variations, ne mérite nullement qu'on révoque en doute ses résultats,

1. G. Etienne, P. Jeandelize et Soncourt : Typhoïdes et paratyphoïdes (épidémie de guerre). *C. R. de la Soc. de Médecine de Nancy*, 24 mars 1915.

G. Etienne : Etude clinique des paratyphoïdes. *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des Hôpitaux de Paris*, 18 juin 1915, p. 456. — A propos du diagnostic des fièvres paratyphoïdes. *Ibid.*, 22 oct. 1915, p. 857.

C. Gautier et R. J. Weissembach : Infection mixte à bacilles typhique et paratyphique B. Nature mixte non établie par l'hémoculture, indiquée par les résultats de la séro-agglutination et par l'épreuve de la saturation des agglutinines, et démontrée par l'isolement dans les selles des deux germes spécifiques, etc. *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des Hôpitaux de Paris*, 24 mars 1916, p. 450.

2. Léon Bernard et J. Paraf : La séro-agglutination et le diagnostic de l'infection éberthienne des infections paratyphiques. *Presse médicale*, 2 sept. 1915, p. 333.

H. Grenet et L. Fortineau : Etude sur une épidémie d'infections typhoïdiques (fièvres typhoïdes et fièvres paratyphoïdes). *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des Hôpitaux de Paris*, 24 déc. 1915, p. 1298.

1. A. Chantemesse et A. Grimberg : Les fièvres typhoïdes intriquées. *Bull. de l'Acad. de Médecine*, 6 juin 1916, p. 744.

2. Ch. Achard et R. Bensaude : Sur l'agglutination de divers échantillons du bacille d'Eberth et des bacilles paratyphiques. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 21 nov. 1896, p. 940; *Presse médic.*, 25 nov. 1896, p. 639.

quand bien même ils ne concorderaient pas toujours avec ceux de la culture du sang.

L'hémoculture, en effet, donne sans doute des résultats positifs dans une forte proportion de cas de fièvre typhoïde éberthienne, surtout au début. Mais souvent dans les infections paratyphoïdes elle reste négative, la phase septicémique étant plus courte et la septicémie souvent moins intense. D'autre part, on peut aussi se demander si, en cas d'infection mixte, on ne décèle pas qu'un seul des germes dans le sang, alors que deux bacilles sont, en réalité, associés pour déterminer l'infection et provoquer les doubles réactions d'agglutination spécifique à des degrés inégaux. Cette association de germes peut, d'ailleurs, n'être pas simultanée, mais successive, la fièvre typhoïde éberthienne étant suivie de fièvre paratyphoïde ou la fièvre paratyphoïde de fièvre éberthienne. Il y a lieu de penser que certaines contradictions relevées avec plus ou moins de fréquence entre les résultats de l'hémoculture et ceux de l'agglutination trouveront leur explication dans des circonstances de ce genre. En somme, on peut conclure de ces considérations combien le diagnostic bactériologique des maladies typhoïdes est parfois délicat et combien il importe, pour le préciser, de multiplier les recherches dans certains cas difficiles.

En tout cas, il ne semble pas qu'on doive opposer l'un à l'autre, comme certains auteurs l'ont fait dans ces derniers temps, les deux procédés du sérodiagnostic et de l'hémoculture. Tous deux ont leurs risques et leurs avantages. Un clinicien avisé ne doit, s'il le peut, se priver ni de l'un ni de l'autre, pourvu que leurs résultats, obtenus par une bonne technique, soient appréciés par un bon jugement.

En dehors de son importance pour le diagnostic, ce qui donne à cette notion nouvelle de la pluralité microbienne des fièvres typhoïdes son principal intérêt pratique, c'est que ces infections, pourtant si voisines, ne confèrent pas d'immunité les unes pour les autres. Un sujet qui vient d'avoir une fièvre typhoïde éberthienne peut contracter peu après une fièvre paratyphoïde et réciproquement. Par suite, l'immunisation préventive contre la fièvre éberthienne ne protège nullement contre les paratyphoïdes, et réciproquement. Aussi a-t-on pu voir dans la guerre actuelle un fait en apparence paradoxal : à mesure que la fièvre typhoïde éberthienne, après avoir fait dans nos armées des ravages considérables, s'éteignait sous la double influence de l'immunité consécutive à la maladie et de la vaccination préventive systématiquement appliquée, les fièvres paratyphoïdes, au contraire, prenaient une extension tout à fait inusitée non moins qu'imprévue[1]. Or cette extension s'explique assez facilement, parce que la vaccination contre le bacille d'Eberth ne prémunit nullement contre les fièvres paratyphoïdes, parce qu'une atteinte de fièvre éberthienne ne protège pas davantage contre ces infections, enfin parce que les germes de la fièvre éberthienne et des fièvres paratyphoïdes coexistent bien souvent dans la même matière infectante, de sorte que l'homme les prend tous dans les mêmes circonstances.

Les uns comme les autres se trouvent, en effet, dans les eaux de boisson impures, dans certains aliments contaminés par des souillures fécales, dans les huîtres, etc. Si donc l'organisme humain dans lequel s'introduit cette matière infectante est immunisé contre le bacille d'Eberth, c'est une fièvre paratyphoïde qui se développera. S'il n'est immunisé ni contre le bacille d'Eberth, ni contre les bacilles paratyphiques, c'est la fièvre éberthienne qui se développera de préférence, soit seule, soit peut-être associée à une infection paratyphoïde, et dans ce dernier cas, c'est l'infection éberthienne qui sera souvent seule reconnue par les procédés de laboratoire, en particulier par l'hémoculture[2].

Voilà pourquoi les épidémies de fièvres paratyphoïdes coïncident le plus habituellement avec une épidémie de fièvre typhoïde éberthienne. Voilà pourquoi l'on a vu, dans une même famille, coexister une fièvre paratyphoïde B chez le père et une fièvre typhoïde éberthienne chez la fille[3]. Voilà pourquoi peut-être on peut voir se succéder chez un même malade la fièvre éberthienne, puis la paratyphoïde[4], ou inversement, ou encore la paratyphoïde B, puis la paratyphoïde A[5].

La conséquence pratique essentielle de l'absence d'immunité réciproque dans les infections

1. E. Rist : L'action de la vaccination antityphique sur la genèse des fièvres paratyphoïdes. Recherches statistiques. *Bull. et Mém. de la Soc. Médic. des Hôpitaux de Paris*, 11 févr 1916, p. 144. — Marcel Labbé : Vaccination et paratyphoïdes. *Presse médic.* 17 janv. 1916, p. 20.

2. On sait, en effet, que la septicémie éberthienne est plus fréquente et plus prolongée chez l'homme que la septicémie paratyphique. Chez l'animal, lorsqu'on provoque une double septicémie par infection mixte, c'est le bacille paratyphique B que l'on décèle par la technique usuelle de l'hémoculture, alors même que le bacille d'Eberth prédominait dans le mélange inoculé (Ch. Achard : Expériences sur l'infection mixte par le bacille d'Eberth et le bacille paratyphique B. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 29 juill. 1916).

3. R. Meslay et R. Coville : Fièvres typhoïdes et paratyphoïdes en 1912 dans un service de l'hôpital Saint-Joseph. *Gaz. des hôp.*, 6 mai 1913, p. 821.

4. Jeanselme et Agasse-Lafont : Du danger de traiter en commun typhiques et paratyphiques. *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des hôpit. de Paris*, 14 mai 1915, p. 371.

5. Paul Courmont, Chattot et R. Pierret : Le séro-diagnostic des infections paratyphiques. *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des hôpit. de Paris*, 9 juin 1916, p. 955.

éberthienne et paratyphiques est la nécessité d'unir à la vaccination préventive contre la fièvre éberthienne une vaccination semblable contre les fièvres paratyphoïdes. Cette nécessité, qui ne s'imposait pas tant que les fièvres paratyphoïdes restaient relativement rares et beaucoup moins fréquentes que la fièvre éberthienne, est devenue tout à fait urgente aujourd'hui, vu l'accroissement considérable des infections paratyphiques.

De semblables vaccinations multiples ont été pratiquées déjà par Castellani[1] (1905), puis par Cummins et Cumming[2] (1912) dans l'armée anglaise, par Kabeshima[3] (1914) dans la flotte japonaise. M. Vincent[4], en France, a fait également depuis 1910 des vaccinations antiparatyphiques. Tout récemment M. Widal[5] a préconisé l'emploi d'un vaccin triple, renfermant à la fois les principes immunisants du bacille d'Eberth et des bacilles paratyphiques A et B. Ces vaccinations multiples sont actuellement pratiquées sur une large échelle.

Leur inconvénient pourrait être de provoquer des réactions un peu vives ou de nécessiter un temps assez long pour introduire en plusieurs fois les doses suffisantes et inoffensives du triple vaccin. Mais cet inconvénient paraît pouvoir être évité en substituant à l'eau, comme véhicule des émulsions microbiennes, des corps gras qui retardent l'absorption des principes immunisants et toxiques renfermés dans le vaccin. MM. Le Moignic et Pinoy[6] ont employé comme véhicule un mélange de lanoline et d'huile de vaseline; avec M. Foix[7] j'ai utilisé l'huile d'olive. Les résultats ont été satisfaisants et il est permis de penser que, conformément à nos prévisions, il sera possible de cette manière, non seulement de faire tolérer de fortes doses de triple émulsion microbienne, mais aussi d'abréger le délai de la vaccination, condition qui, dans les circonstances de la guerre actuelle, offre un intérêt évident.

Quelle que soit, d'ailleurs, la meilleure technique pour la préparation des vaccins multiples, on ne peut douter qu'on n'obtienne de leur emploi l'extinction graduelle des épidémies de fièvres paratyphoïdes comme de celles de fièvre éberthienne, et cette disparition consacrera d'une façon définitive l'importance théorique et pratique qui s'attache à la notion des fièvres paratyphoïdes.

En somme, la connaissance des fièvres paratyphoïdes comporte une série de données qui intéressent la Pathologie générale. Elle concourt à montrer que les microbes pathogènes capables d'engendrer une même maladie, bien définie par ses symptômes, ses lésions, les circonstances de son apparition, n'appartiennent pas toujours à une espèce unique, mais forment un groupe de types parfaitement distincts par les réactions spécifiques auxquelles ils donnent naissance, quoique fort voisins par leurs caractères morphologiques et même biochimiques. Elle contribue encore à montrer qu'un même type microbien peut engendrer des affections diverses quant aux symptômes et aux lésions, puisque le bacille paratyphique B notamment est capable de provoquer, outre une fièvre à caractère typhoïde, des entérites simples, des entérites dysentériformes, des ictères infectieux, des accidents toxi-alimentaires.

En ce qui concerne la nosologie, la connaissance des fièvres paratyphoïdes a déterminé le démembrement étiologique de la maladie décrite sous le nom de fièvre typhoïde et définie comme une entité morbide propre par un ensemble de caractères cliniques, anatomo-pathologiques et étiologiques.

Enfin les conséquences pratiques de cette connaissance découlent de ce fait que les types microbiens capables d'engendrer le syndrome de la fièvre typhoïde ne déterminent pas d'immunité réciproque. Aussi les réactions spécifiques des humeurs diffèrent-elles suivant le type microbien, ce qui nécessite pour le séro-diagnostic des épreuves multiples. Mais surtout la conséquence capitale, c'est que la vaccination préventive et la bactériothérapie curative nécessitent comme condition indispensable l'emploi de vaccins multiples, vraiment plurivalents, et préparés au

1. Castellani : Typhoid and paratyphoid vaccination with live attenuated vaccine; mixed vaccines, *Trans. of the Soc. of tropic. Med. and Hygiene*, janv. 1909, vol. VI, n° 3, p. 57.

2. Cummins et Cumming : Preliminary note on immunization against *B. paratyphosus* A. *Journal of the Royal Army med. Corps*, 1912, vol. II, p. 389. — Experim. immunization against *Bac. paratyphosus* A. *Ibid.*, 1913, vol. II, p. 28.

3. T. Kabeshima : Ueber Typhus und Paratyphusschutzimpfung mittels gemischter Typhus und Paratyphusvaccine und die Ergebnisse der Schutzimpfung in der kaiserlich japonischen Marine. *Centralbl. f. Bakteriol.*, 13 juin 1914, Bd LXXIV, p. 294.

4. H. Vincent : Sur la vaccination de l'homme contre la fièvre typhoïde. *Bull. de l'Acad. de Méd.*, juin 1910, t. XLIII, p. 615. — La vaccination antityphoïdique dans l'armée française. *Rapp. du XVIIe Congr. internat. de Méd.*, Londres, 1913, Sect. de méd. navale et militaire, p. 63.

5. F. Widal : Etude sur les vaccinations mixtes antityphoïdiques et antiparatyphoïdiques. *Bull. de l'Acad. de Méd.*, 10 août 1915, t. LXXIV, p. 148.

6. Le Moignic et Pinoy : Les vaccins en émulsion dans les corps gras ou lipo-vaccins. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 4 mars 1910, p. 201. — Application à l'homme des vaccins en émulsion dans les corps gras (lipo-vaccins). *Ibid.*, 6 mai 1916, p. 352.

7. Ch. Achard et Ch. Foix : Sur l'emploi des corps gras comme véhicules des vaccins microbiens. *C. R. de la Soc. de Biologie*, 18 mars 1916, p. 209.

moyen des divers types microbiens capables de provoquer la maladie typhoïde.

II. — Dysentéries

Connue depuis l'antiquité, la dysenterie est décrite par les pathologistes comme un état morbide caractérisé cliniquement par une diarrhée très particulière et anatomiquement par des ulcérations intestinales siégeant sur le gros intestin, tout spécialement sur sa partie terminale.

Les caractères de la diarrhée dysentérique consistent surtout en ce que la fréquence des selles contraste avec leur peu d'abondance et que, contrairement à la plupart des autres diarrhées, ces selles sont formées de mucus, mélangé de pus et de sang, et de débris de muqueuse nécrosée, plutôt que d'une sécrétion exagérée des glandes de l'intestin. Les selles prennent ainsi, suivant les comparaisons classiques, les aspects de frai de grenouille, de crachats peumoniques, de lavure de chair. De plus, cette diarrhée est douloureuse, mais les douleurs qui l'accompagnent n'ont pas les caractères des coliques proprement dits. Ce sont principalement de faux besoins d'évacuation, auxquels on donne le nom d'épreintes, et une sensation locale de brûlure et de contraction douloureuse, qui est le ténesme et qui suit l'évacuation ou persiste même dans l'intervalle des selles.

Enfin la fréquence de la complication d'abcès du foie est encore un attribut de la dysentérie, qui la sépare des autres affections diarrhéigènes.

On ne saurait donc s'étonner que des caractères aussi spéciaux aient paru suffisants pour constituer une entité morbide, une maladie homogène. Sans doute on avait distingué, suivant les circonstances de leur apparition et la gravité des accidents, des dysentéries épidémiques et des dysentéries sporadiques, des dysentéries des pays chauds et des dysentéries nostras, des dysentéries graves et des dysentéries bénignes. On avait aussi remarqué que diverses maladies, par leurs localisations intestinales, pouvaient déterminer des accidents semblables à ceux de la dysentérie : notamment l'infection tuberculeuse, l'intoxication mercurielle. Mais la conception unitaire de la dysentérie n'en subsistait pas moins et la dysentérie épidémique des pays chauds, en particulier, était généralement considérée comme un type morbide parfaitement défini et de cause unique.

Aussi, dès qu'on soupçonna l'origine parasitaire de cette forme de dysentérie, s'appliqua-t-on à rechercher *le* parasite de la maladie. Lambl, en 1859, à Prague, découvrit des amibes dans les évacuations intestinales des malades ; puis divers observateurs signalèrent une série de parasites : différentes sortes d'amibes, des anguillules, des bactéries. Une mention spéciale doit être faite des recherches de Chantemesse et Widal qui trouvèrent, en 1888, dans des selles dysentériques, à Alger, un bacille donnant la maladie aux animaux.

Quelques années plus tard, Councilman et Lafleur, en Amérique, admirent qu'une amibe spéciale pouvait produire la dysentérie, mais qu'en outre de cette dysentérie amibienne, existaient encore d'autres formes de la maladie, de nature inflammatoire et diphtéroïde, qui n'étaient point provoquées par ce parasite. Toutes les variétés d'amibes rencontrées dans l'intestin ne sont point, d'ailleurs, aptes à produire la dysentérie : seule, ou à peu près [1], l'*Entamœba histolytica* (Schaudinn) possède ce pouvoir ; l'*Amœba coli*, parasite fréquemment observé chez l'homme, en est dépourvu.

En 1898, un auteur japonais, Shiga, décrivit et considéra comme la cause des épidémies dysentériques qu'il avait observées, un bacille qu'il s'appliqua soigneusement à distinguer du colibacille et du bacille d'Eberth, et dont la spécificité était démontrée par son agglutination au moyen du sérum des malades. Ce bacille fut reconnu par la suite à peu près identique au bacille de Chantemesse et Widal. Il présente toutefois quelques variétés. On en décrit surtout trois. Le type Shiga ne fait pas fermenter les sucres. Le type Flexner, moins pathogène, fait fermenter la mannite, le maltose, le saccharose, mais sans dégagement de bulles gazeuses dans les milieux de culture. Le type Y de His, plus rare, ne fait pas fermenter le maltose. Une autre différence entre ces types est tirée de l'étude de l'agglutination : le sérum des malades infectés par le type Shiga n'agglutine que le seul type Shiga ; le sérum des malades infectés par le type Flexner agglutine le type Flexner et le type His, mais non le type Shiga. Quant à la sensibilisatrice, elle ne présente pas ces différences et paraît commune aux infections des trois types.

Beaucoup d'autres bactéries ont été décrites dans la dysentérie épidémique : il semble bien qu'il ne s'agisse le plus souvent que de microbes surajoutés, n'intervenant qu'au titre d'infections secondaires. Ce sont notamment des colibacilles, le bacille pyocyanique, le streptocoque de Zancarol.

Aujourd'hui l'on ne met plus en doute que la

1. Une autre espèce, plus rarement observée, l'*Entamœba tetragena* ou *africana*, paraît pouvoir aussi déterminer la dysentérie chez l'homme et chez l'animal.

dysentérie, dans ses formes épidémiques, ne puisse être provoquée par l'amibe spéciale et par le bacille dysentérique. Les faits expérimentaux le démontrent. On a pu reproduire la maladie en inoculant l'amibe aux animaux, notamment au jeune chat et au singe. On a pu, d'autre part, provoquer chez les animaux la dysentérie en inoculant le bacille spécifique, même sous la peau, et l'on a mis en évidence le rôle de sa toxine, dont l'injection sous-cutanée produit la nécrose et l'ulcération de la muqueuse intestinale. On connaît, en outre, chez l'homme, des cas de dysentérie survenue accidentellement, à la suite d'inoculations de laboratoire, chez des travailleurs qui ont involontairement absorbé des cultures du bacille. Même Strong et Musgrave, aux Philippines, en 1901, ont inoculé ce bacille à un condamné à mort et reproduit chez lui la maladie.

Enfin la thérapeutique, ainsi que nous le verrons plus loin, fournit encore une autre démonstration de cette double origine, parasitaire et bactérienne, de la dysentérie épidémique.

Toutefois, s'il est bien établi qu'amibe et bacille peuvent engendrer des désordres qui se manifestent par le tableau classique de la dysentérie, on ne s'en est pas moins appliqué à faire ressortir les caractères différentiels qui peuvent exister entre ces deux formes étiologiques de la maladie. C'est surtout dans les lésions de l'intestin qu'on les trouve [1].

Dans la dysentérie amibienne, le catarrhe initial de l'intestin est limité ; il est étendu dans la dysentérie bacillaire. Dans la première, la nécrose consécutive est aussi limitée en surface, mais elle s'étend en profondeur, en forme de puits, et détermine la formation d'abcès amibiens sous-muqueux ; dans la seconde, la nécrose s'étend en nappe et donne lieu à un épaississement de la muqueuse. Les ulcérations qui résultent de la nécrose amibienne sont profondes, souvent en bouton de chemise, leurs bords sont décollés, leur fond atteint la sous-muqueuse. Celles que produit la nécrose bacillaire sont larges et superficielles, leurs bords sont aplatis et non décollés. Dans la dysentérie amibienne, l'élimination de la muqueuse se fait en larges lambeaux au niveau des ulcérations et, dans l'intervalle de celles-ci, la muqueuse reste à peu près normale. Dans la dysentérie bacillaire, la muqueuse n'est pas seulement altérée à la surface des ulcérations, mais elle est encore en voie d'élimination dans leur intervalle.

Ces différences ont leur raison dans le mode d'action des deux sortes d'agents pathogènes. Dans la dysentérie amibienne, c'est l'action nécrosante et locale du parasite qui détermine les lésions : l'amibe pénètre dans la muqueuse, y forme un foyer, la mortifie, et l'ulcération survient. Dans la dysentérie bacillaire, c'est la toxine répandue dans l'organisme et éliminée par la muqueuse qui provoque d'une façon plus diffuse la nécrose et l'ulcération.

A ces caractères anatomo-pathologiques fournis par les lésions intestinales on peut ajouter les modifications du sang. Dans la dysentérie amibienne comme dans beaucoup d'affections provoquées par des parasites animaux, on constate avec une certaine fréquence l'éosinophilie sanguine. Dans la dysentérie bacillaire, cette éosinophilie fait défaut ; on trouve, par contre, comme dans beaucoup d'infections bactériennes aiguës, de la polynucléose qui manque dans la dysentérie amibienne. En outre, la présence d'anticorps spécifiques : agglutinine, sensibilisatrice, s'observe aussi dans la dysentérie bacillaire et peut servir utilement au diagnostic.

L'examen des selles doit également être pratiqué pour ce diagnostic différentiel. Il révèle la présence des amibes, mais encore faut-il distinguer l'*Entamœba histolytica* des autres amibes non pathogènes qui peuvent se rencontrer dans l'intestin. La recherche du bacille et son isolement en cultures offrent plus de difficultés ; il importe notamment de le distinguer des colibacilles, des bacilles paratyphiques et du bacille d'Eberth.

Les complications hépatiques, ainsi que nous l'avons signalé plus haut, présentent quelques différences dans les deux sortes de dysentérie. Les amibes existent dans les nodules de nécrose du parenchyme hépatique au début, puis dans le pus quand il s'est formé. Les abcès de la dysentérie bacillaire contiennent rarement le bacille spécifique à l'état pur et plus habituellement des microbes pyogènes, seuls ou associés au bacille.

Il convient d'ajouter, d'ailleurs, que, d'après certaines observations recueillies au cours de la guerre actuelle, la dysentérie amibienne et la dysentérie bacillaire pourraient coexister chez le même malade.

Quant aux dysentéries parasitaires produites par d'autres microzoaires que les amibes, elles reconnaissent pour causes :

Le *Balantidium coli*, qui provient généralement du porc et provoque des ulcérations profondes,

1. Voir à ce sujet les importants travaux de Dopter, parus dans les *Archives de Médecine expérimentale*, mai-juill.-sept. 1907, et : Dopter : Les dysentéries. 1 vol. de l'*Encyclopédie scientifique*, Paris, 1909.

taillées à pic, semblables à celles de la dysentérie amibienne;

Le *Lamblia intestinalis*, observé dans des dysentéries chroniques avec ulcérations profondes[1].

Guiart attribue un rôle au *Chitodon dentatus*, exceptionnellement observé.

Le Dantec a décrit un spirille particulier.

On a prêté aux *Trichomonas* la propriété de déterminer des accidents dysentériques.

Dans l'ankylostomiase, dans le paludisme, le kala-azar, on en observe aussi parfois.

Le *Bilharzia hœmatobia* produit des lésions rectales, mais qui consistent en végétations polypiformes bien plutôt qu'en ulcérations.

Enfin diverses bactéries, différentes du bacille dysentérique, peuvent, comme nous l'avons déjà dit, être la cause d'accidents qui reproduisent le tableau de la dysentérie. Tels sont notamment les colibacilles, le bacille paratyphique B.

De même que pour la fièvre typhoïde, la question de la pluralité des dysentéries comporte des conséquences pratiques d'une haute importance. Nous ne reviendrons pas sur celles qui concernent le diagnostic. Mais, pour le traitement, la distinction est capitale.

On sait, en effet, que l'amibe de la dysentérie est fort sensible à une substance médicamenteuse, l'émétine. A l'époque où l'on ignorait ce parasite et la pluralité des dysentéries, une méthode classique de traitement consistait dans l'emploi de l'ipéca : c'était la méthode brésilienne. Or, à la suite des travaux faits aux Indes par L. Rogers (1912), étendus et vulgarisés en France par Chauffard, on a reconnu que la substance amibicide de l'ipéca est l'émétine. Son action chimiothérapique s'étend non seulement aux amibes de l'intestin, mais à celles des métastases hépatiques et autres. C'est donc un véritable médicament spécifique de l'amibiase.

D'autre part, le bacille dysentérique peut être combattu, lui aussi, par un moyen spécifique : mais c'est de la sérothérapie qu'il est justiciable. On prépare un sérum antidysentérique en inoculant au cheval, dans les veines, des cultures virulentes. Ce sérum possède une action curative très remarquable et rapide ; en outre, il est doué d'une valeur préventive, efficace pendant une quinzaine de jours, qui peut être utilisée avec avantage en cas d'épidémie. D'après Vaillard et Dopter, il n'est pas nécessaire de préparer des sérums spécifiques distincts pour les types Shiga et Flexner : un sérum univalent suffit, quel que soit le type bacillaire en cause.

Ces traitements chimiothérapique et sérothérapique peuvent être utilisés pour le diagnostic différentiel des deux sortes principales de dysentérie, quand on se trouve dans l'impossibilité d'établir rapidement, par la recherche des germes ou des réactions spécifiques, un diagnostic précis. Les résultats obtenus de la cure d'émétine et de la cure de sérum successivement appliquées chez un malade peuvent démontrer la nature de la cause morbide.

Ainsi l'histoire de la dysentérie nous offre encore un exemple de l'évolution qui s'est accomplie, pour nombre de maladies, dans les idées pathogéniques. L'observation clinique et anatomique des malades a révélé surtout aux médecins des syndromes, c'est-à-dire des ensembles de symptômes et de lésions, des associations de réactions morbides. Tant que les causes véritables de ces réactions sont demeurées cachées ou incertaines, on a fait de chacun de ces syndromes une maladie bien définie. Puis les progrès pathogéniques, obtenus grâce aux recherches de la microbiologie et de l'expérimentation, ont révélé que ces réactions associées pouvaient être déclanchées par des causes de nature différente. Il a donc fallu dissocier le syndrome en des formes étiologiques différentes, et cette dissociation a présenté un caractère d'autant plus nécessaire et urgent qu'elle comportait des applications pratiques d'un grand intérêt pour le traitement.

Ayant ainsi passé par les phases successives de l'observation clinique et anatomique, c'est-à-dire des constatations, puis des recherches expérimentales et des investigations étiologiques, c'est-à-dire des explications, l'histoire de la dysentérie s'est complétée par la phase de la thérapeutique pathogénique, c'est-à-dire de la seule thérapeutique vraiment efficace, parce qu'elle atteint les causes spécifiques de la maladie[1].

Dr Ch. Achard,
Professeur à la Faculté de Médecine de Paris.

1. G. Fairise et L. Jannin : Dysentérie chronique à *Lamblia*. Etude parasitologique et anatomo-pathologique. *Arch. de Méd. expériment.*, sept. 1913, p. 525.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Compendio de Algebra de Abenbéder. *Texto arabe, traduccion, y estudio por* José A. Sanchez Pérez. — *1 vol. in-8° de 200 p. (Prix : 6 pesetas). Junta para ampliacion de Estudios y Investigaciones cientificas, 1, Moreto, Madrid,* 1916.

Nous assistons depuis quelque temps aux efforts les plus sérieux faits en Espagne pour développer les recherches scientifiques. Il s'y est formé en particulier un « Centre d'Etudes historiques », qui, sous la direction des professeurs don Julian Ribera et D. Miguel Asin, nous vaut une série de publications instructives. Le *Compendio de Algebra de Abenbéder*, dont M. Sanchez Pérez nous donne aujourd'hui le texte arabe en même temps qu'une traduction, se rattache à cet intéressant effort. Ce n'est d'ailleurs pas seulement une traduction que M. S. Pérez met à notre disposition, c'est aussi un commentaire précieux, que nous trouvons soit dans sa préface, soit dans les notes dont il accompagne le texte espagnol.

Le manuscrit arabe appartient à la Bibliothèque de l'Escurial, et remonte à peu près au milieu du XIVe siècle. L'auteur lui-même, si l'on en juge par quelques détails (comme les problèmes d'Algèbre indéterminée qui ne se trouvent pas dans les traités arabes du XIe siècle), doit avoir vécu au XIIe ou au XIIIe.

Le livre est composé de deux parties, l'une théorique, l'autre pratique. La première traite surtout des équations du premier et du second degré, et, sauf qu'il n'est question que des racines que nous nommons positives, donne les formules et les discute. Puis viennent des indications sur le calcul des racines carrées, sur le calcul des puissances (carré, cube, carré-cube, cube-cube, etc.), et enfin un dernier chapitre qui a pour titre *Chéber* et *Almocabala*, deux expressions arabes sur lesquelles les savants ont beaucoup écrit. Il s'agit en somme des opérations à faire subir à une équation pour en tirer la ou les racines. *Chéber* correspondrait plutôt à la transposition des termes, *Almocabala* à la réduction des termes semblables. Il est à peine nécessaire de remarquer que c'est la première de ces expressions qui a aidé à former le mot *Algèbre*. Contrairement à ce que nous trouvons dans d'autres traités arabes — celui d'Alcarii, par exemple — Abenbéder ne juge pas à propos d'étendre sa théorie à l'étude des progressions. Le problème des courriers et les questions d'Algèbre indéterminée ne figureront de même que sous forme d'exercices numériques dans la seconde partie.

Celle-ci est consacrée à une série assez nombreuse d'exercices. Ce sont surtout de petits problèmes simples se ramenant à des équations du premier degré, et plus souvent du second. A la fin trouvent place quelques questions relatives aux progressions, au problème des courriers, aux équations indéterminées à deux ou trois variables.

Pour le fond, le *Compendio* de Abenbéder laisse fort loin au-dessus de lui les écrits de Diophante. Nous sommes manifestement en présence d'un livre très élémentaire. Mais peu importe. Quand ce n'est pas pour le fond lui-même, c'est au moins pour les notations et pour le langage que sont instructives ces sortes de publications. Et en somme nous aurions grand besoin d'être mieux informés sur l'évolution de l'écriture et du langage mathématiques dans la période qui s'étend de Diophante à la Renaissance : il y a là une lacune qui ne finira d'être comblée que par des travaux du genre de celui de M. S. Pérez. C'est pourquoi nous y applaudissons des deux mains, en reprenant pour notre compte le vœu, formé jadis par Maximilien Marie, que l'œuvre de reconstitution de la Mathématique arabe soit un jour complétée par celle de quelques hébraïsants, capables de faire sortir des Bibliothèques, où ils sont ensevelis, les manuscrits mathématiques des Juifs du moyen âge.

G. Milhaud,
Professeur à la Sorbonne.

2° Sciences physiques

Villavecchia (Prof. Vittorio), *Directeur des Laboratoires chimiques des Douanes (avec la collaboration de* MM. G. Fabris, A. Bianchi, G. Armani, G. Rossi, G. Silvestri, G. Bosco, R. Belasio, F. Barboni, A. Capelli). — **Trattato di Chimica analitica applicata.** Tome I. — *1 vol. in-8° de XX-622 p. avec 58 fig. (Prix : 12,50 lires). Ulrico Hœpli, éditeur, Milan,* 1916.

Le premier volume du Traité de Chimie analytique appliquée, publié récemment par M. le Professeur Vittorio Villavecchia, avec la collaboration de chimistes spécialisés dans chaque branche de l'analyse, remplit parfaitement le programme que s'est tracé le savant professeur : indiquer pour tous les produits utilisés par l'industrie ou préparés par elle les meilleures méthodes d'analyse, ou tout au moins les plus sûres et les plus précises.

Ces méthodes ont été rédigées par des praticiens qui les ont souvent utilisées; elles sont exposées avec netteté. Ce livre, où tout est clair, a été édité avec le désir d'en rendre la consultation agréable et facile; aussi cette édition fait-elle honneur aux auteurs et à l'éditeur et elle apporte un changement heureux aux livres d'analyse allemands que nous étions habitués à connaître. Il suffit de comparer ce livre à l'Analyse quantitative de Frésénius pour apprécier toute la valeur de l'effort réalisé par nos amis d'Italie.

Le volume paru comprend dix chapitres où sont exposées d'une manière très complète les méthodes analytiques s'appliquant aux cas les plus divers :

I. — Eaux potables et industrielles. II. Produits chimiques (acides, bases, sels, composés divers employés par les industriels les plus divers). III. Engrais. IV. Chaux, ciments et plâtres. V. Métaux et alliages. VI. Combustibles. VII. Goudrons et sous-produits. VIII. Huiles minérales et dérivés. IX. Substances grasses. X. Produits industriels provenant du traitement des matières grasses.

Pour notre part, nous aurions voulu voir indiquer d'autres méthodes pour le dosage, notamment du soufre, dont l'importance, le plus souvent nuisible, est considérable en industrie, et la méthode à la bombe nous semble préférable à celle d'Eschka. Peut-être aurait-il été utile d'insister sur la grande amélioration obtenue par l'agitation du liquide dans les dosages électrolytiques?

Mais ce ne sont là que des critiques de détail. L'œuvre de M. Villavecchia est utile; son livre de Chimie analytique appliquée est un beau et bon livre et nous serions heureux d'en voir paraître une traduction française.

Nicolas Flamel.

3° Sciences médicales

Voronoff (Dr S.), *Chirurgien en chef de l'hôpital auxiliaire n° 197.* — **Traité des greffes humaines. — Greffes osseuses et articulaires.** — *1 vol. in-8° de 218 p. avec 52 fig. (Prix : 8 fr.). O. Doin et fils, éditeurs, Paris, 1916.*

Depuis quelques années, un certain nombre de travaux ont paru sur la question des greffes, mise à l'ordre

du jour par les expériences de Carrel; aucun travail d'ensemble n'était venu encore pour coordonner les faits, les grouper, les analyser de façon à en déduire la meilleure conduite à tenir. L'auteur, qui base son travail très documenté sur près de cent observations dont un certain nombre inédites et personnelles, a voulu combler cette lacune et, dans un traité fort intéressant et pratique, tracer la voie à suivre, préciser les indications, enseigner la technique, donner des renseignements exacts sur ce qu'il faut faire et ce qu'il faut éviter, sur ce qui assure le succès et conduit à l'échec.

Le travail considérable présenté par l'auteur est divisé en deux grandes parties : l'étude des greffes osseuses et celle des greffes articulaires, suivie des observations qui sont accompagnées de nombreuses radiographies avant et après le traitement.

Voronoff passe d'abord en revue les diverses sortes de greffon. Il repousse avec juste raison les corps étrangers (tubes métalliques, ébonite, ivoire) — passe rapidement sur les greffes hétéroplastiques peu pratiques, le singe constituant le seul porteur de greffes à accepter — sur les greffes homoplastiques. Il s'attache davantage aux greffes autoplastiques et leur donne la priorité. C'est l'autogreffe qui réalise actuellement la méthode la plus constante dans ses résultats. Le péroné sera l'os de choix.

Après avoir suivi l'évolution de la greffe et les accidents de cette évolution, l'auteur aborde la question de la technique opératoire et il entre dans tous ses détails, surtout pour les greffes autoplastiques. L'opération de Hahn-Huntington est spécialement décrite. Cette opération présente le type d'une greffe par transplantation latérale dans les segments à deux os; mais à l'avant-bras, où la conservation des deux os est indispensable, elle n'est pas applicable.

Les cas particuliers, comme les greffes osseuses du crâne, la greffe d'une partie du tibia sur l'épine dorsale dans le traitement du mal de Pott, sont passés successivement en revue avec documents fort intéressants à l'appui comme photographies et radiographies.

Voronoff passe ensuite à l'étude des greffes articulaires, toutes d'actualité et d'une acquisition toute récente. Après avoir exposé les indications et contre-indications opératoires, il donne la préférence comme greffon à l'homogreffe, à cause de l'impossibilité que le chirurgien a de se procurer des autogreffes. Les greffes semi-articulaires, les greffes articulaires sans capsule ni synoviale, les greffes d'articulations complètes avec capsule et synoviale, dont les observations sont très peu nombreuses, sont examinées tour à tour. L'auteur termine par la technique de ces interventions très spéciales, faites de détails qu'il faut connaître pour arriver à un bon résultat.

Les chirurgiens prendront connaissance de cet ouvrage consciencieux et documenté avec intérêt, d'autant plus aisément qu'il est facile et intéressant à lire.

L'auteur s'est adonné depuis plusieurs années à la pratique des greffes aussi bien sur les animaux que sur l'homme. Il en a une grande expérience dont on doit profiter.

Peu de chirurgiens ont eu recours à cette méthode, dans l'incertitude qui règne sur sa valeur réelle et dans l'appréhension des difficultés techniques, parfois réelles, mais non insurmontables. Le livre de Voronoff éclaircira les idées et encouragera les efforts.

La chirurgie, tout en étant très audacieuse, est essentiellement conservatrice, et dans les grands délabrements causés par la guerre actuelle, les greffes osseuses et articulaires sont appelées à rendre les plus éminents services. C'est la raison pour laquelle il faut féliciter M. Voronoff de ses travaux tout à fait remarquables, d'autant plus qu'il nous promet d'ici peu la publication d'un deuxième volume, non moins intéressant, sur les greffes cutanées, vasculaires, tendineuses.

Dr J. Duvergey,
Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Bordeaux.

4° Sciences diverses

Hauser (Henri), *Professeur à la Faculté des Lettres de l'Université de Dijon, Correspondant de l'Institut.* — **Les Méthodes allemandes d'expansion économique.** *Nouvelle édition (4°), revue et corrigée. — 1 vol. in-18 de 290 p. (Prix: 3 fr. 50). Librairie Armand Colin, Paris*, 1916.

Dans cet ouvrage, dont la première édition avait paru au bout d'un an de guerre, M. Henri Hauser donne un exposé très étudié et très solidement documenté des méthodes mises en pratique par l'Allemagne pour conquérir de vive force les marchés du monde entier et étendre sa domination économique de manière à étouffer tous efforts concurrents; il en ressort que la guerre économique, entreprise par elle, avait été déjà, en pleine paix, une véritable guerre. M. Henri Hauser, qui avait visité à plusieurs reprises l'Allemagne et spécialement étudié son évolution économique, et à qui l'on doit aussi d'excellents travaux sur ses colonies [1], était particulièrement éclairé sur le caractère des procédés allemands et son livre nous apporte d'utiles enseignements destinés à nous guider sur la conduite à tenir dans l'avenir.

Ayant montré combien ample et subit fut l'essor de l'Allemagne dans les quarante dernières années et combien prodigieux fut l'enrichissement du pays, l'auteur retrace les raisons qui l'y ont conduit et les principaux facteurs de cette expansion. Etant passée du type agraire au type industriel, l'Allemagne subissait les conséquences d'une concentration industrielle à outrance et était amenée à la nécessité de la surproduction; il lui fallait à tout prix des débouchés. Pour arriver à inonder le monde de ses produits, elle n'hésite pas à constituer son industrie en une force disciplinée, comme une armée devant écraser l'adversaire, et à user dans cette lutte de procédés dont elle avait fait des instruments de guerre. On s'en convaincra aisément quand on aura suivi les développements donnés par M. Hauser sur l'organisation allemande des Banques et leur participation au commerce et à l'industrie, sur les cartels et le dumping, sur les primes d'exportation et les bons d'importation, sur les mesures relatives à l'émigration, et sur tous les autres procédés auxquels ont recouru les Allemands et surtout sur la façon dont ils s'en sont servis. Le rôle de l'Etat est particulièrement caractéristique : à la domination militaire et politique s'est ajoutée, comme le dit l'auteur, la dictature économique, et la politique impérialiste a été mise au service de l'expansion économique.

Puis, M. Hauser montre comment ces instruments d'expansion économique ont été mis en œuvre pour la conquête des débouchés et par quels moyens variés, honnêtes et déshonnêtes, l'Allemagne a poursuivi son œuvre d'infiltration et son étude des clientèles. Les chapitres sur la pénétration commerciale et la pénétration industrielle sont des tableaux saisissants de la psychologie allemande.

Méditons les conclusions formulées par M. Hauser, et les conseils fort sages qu'il nous donne, si nous voulons être vainqueurs aussi dans la lutte d'après-guerre. Il trace le programme des mesures efficaces que l'Etat français et les nations amies devront prendre pour mettre l'Allemagne hors d'état de nuire et pour rétablir la loyauté dans les relations internationales.

G. Regelsperger.

1. *Revue générale des Sciences* du 15 mars 1916, p. 159.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 4 Septembre 1916

1° Sciences physiques. — M. **P. Zeeman**: *Mesure directe de la vitesse axiale de l'eau dans l'expérience de Fizeau.* L'auteur a introduit de petites bulles d'air dans le courant d'eau et les a illuminées par un faisceau très intense et très fin dans l'axe du tube; en observant les trajets des bulles dans un miroir tournant, on peut déterminer directement leur vitesse. L'auteur a ainsi reconnu que la vitesse axiale varie d'une manière compliquée le long du tube. En prenant la valeur moyenne de la vitesse axiale dans deux séries d'expériences, avec courant direct et inverse, on obtient un nombre qui ne diffère que de 0,5 % de la valeur adoptée pour le calcul du déplacement théorique des franges dans la communication précédente de l'auteur. Ses conclusions antérieures (t. XXVI, p. 658) sont donc confirmées, mais leur certitude a de beaucoup augmenté. — M. **J. Bougault**: *Préparation d'acidylsemicarbazides à partir de semicarbazones d'acides α-cétoniques.* Les semicarbazones de certains acides α-cétoniques, oxydées par l'iode et le carbonate de sodium, conduisent aux semicarbazides d'acides contenant un carbone de moins que les acides générateurs. Ainsi la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique donne le semicarbazide de l'acide phénylacétique : $C^6H^5.CH^2.(CO^2H)C : Az.AzH.CO.AzH^2 + O = CO^2 + C^6H^5.CH^2CO.AzH.AzH.CO.AzH^2$. Comme on le voit, l'oxydation porte sur le carbone en α; le carbonyle de l'acide cétonique s'élimine et la fonction semicarbazone se transforme en fonction acidylsemicarbazide sur le carbone même auquel elle était liée. La réaction se fait avec la plus grande facilité et à froid.

2° Sciences naturelles. — M. **J.-L. Dantan**: *Observations sur la larve de l'*Ostrea edulis *L.* Les observations de l'auteur montrent : 1° que la partie supérieure de la larve de l'*Ostrea edulis* et l'extrémité céphalique de la trochophore ont une structure identique; 2° que les appareils ciliaires des deux larves sont de tous points comparables ; 3° que leurs systèmes nerveux sont constitués des mêmes parties principales; 4° qu'elles possèdent toutes les deux des reins céphaliques et peut-être d'autres organes larvaires transitoires, les vésicules anales. Ainsi, par l'ensemble de ses caractères extérieurs aussi bien que par son anatomie, la larve de l'huître permet de raffermir les liens qui unissent les Vers et les Mollusques. — M. **J. Danysz**: *Les causes des troubles observés après l'injection des produits du groupe de l'arsénobenzol et les crises anaphylactiques.* Tous les produits mono ou disodiques du groupe de l'arsénobenzol ainsi que les composés arsénio-phosphorés se troublent et donnent des précipités en présence de chlorure de sodium, des oxalates, carbonates, sulfates et surtout des phosphates alcalins et magnésiens. La formation de précipités de ce genre, après injection dans le sang, donne lieu à la production de troubles qui se retrouvent identiquement les mêmes dans les crises anaphylactiques ; d'où l'auteur conclut que, dans une crise anaphylactique active ou passive c'est le précipité qui est le principal agent des manifestations pathologiques. — M. **L. Camus**: *Préparation, propriétés et avantages d'un vaccin homogène.* Pour débarrasser le vaccin des corps étrangers qu'il renferme et lui donner plus d'homogénéité, l'auteur dilue la pulpe convenablement broyée et tamisée dans 3 ou 4 fois son poids de sérum artificiel. Par une première centrifugation courte et rapide, on élimine d'abord les particules les plus denses et les moins bien broyées ; puis, après avoir diminué la stabilité de la dilution par le passage d'un courant de CO^2, on récupère le reste du produit par une 2e centrifugation. Le précipité fin recueilli sans délai est soumis au vide, et quand tout dégagement gazeux a cessé on traite par la glycérine qui donne une préparation stable et homogène. Pour les études biologiques comme pour l'emploi médical, le vaccin homogène a sur le vaccin ordinaire une supériorité très appréciable.

Séance du 11 Septembre 1916

1° Sciences physiques. — M. **P. Zeeman** : *L'entraînement des ondes lumineuses et les phénomènes solaires.* L'auteur a vérifié par des expériences récentes l'introduction du terme complémentaire de Lorentz dans l'expression de Fresnel pour l'entraînement des ondes lumineuses. La présence de ce terme complémentaire peut donner lieu à un changement de la propagation des ondes dans un milieu, qui d'ailleurs peut être homogène, si la vitesse n'a pas partout la même valeur. Il en résulte que, même dans une vapeur métallique homogène, l'existence simultanée de dispersion et de différences de vitesse peut courber les rayons qui traversent le milieu. Cette conclusion a une grande importance pour la Physique solaire. — M. **A. Perot** : *Influence du vent sur les conditions d'audition du son.* L'auteur signale que l'audition à très grande distance des sons intenses, avec zone de silence, s'observe à contre-vent, tandis que sous le vent le bruit est nul. Ce fait peut s'expliquer comme suit. A contre-vent, la réfringence acoustique est d'autant plus forte que le vent est plus fort; elle diminue, par suite, à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère; les rayons sonores émis sous un certain angle au-dessus de l'horizon formeront une caustique, qui pourra revenir toucher la terre au point où se trouve l'observateur. Sous le vent, il se produira, au contraire, une dispersion des rayons sonores vers le haut, et le son ne parviendra pas à grande distance. — M. **H. Pellet** : *Sur la destruction totale des pentoses au cours de la fermentation alcoolique.* L'auteur montre que, lorsqu'on veut rechercher les pentoses en présence d'une quantité notable de sucre ordinaire par voie de fermentation, il ne faut pas trop prolonger celle-ci, sous peine de décomposer une partie plus ou moins grande du pentose cherché. La vitesse de cette décomposition est d'ailleurs variable avec la composition du liquide et notamment avec sa richesse en sucres fermentescibles. Grâce à cette nouvelle méthode de recherche, l'auteur s'est assuré que la mélasse de betteraves ne contient pas de pentoses en proportions appréciables et que la mélasse de cannes renferme un principe réducteur certainement différent de l'arabinose et du xylose, car les levures n'ont absolument aucune action sur lui ; c'est sans doute le glutose.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix**: *La constitution des roches volcaniques de l'extrême Nord de Madagascar et de Nosy-bé; les ankaratrites de Madagascar en général.* L'ensemble des roches de l'extrême Nord de Madagascar présente une grande analogie avec celles des Comores: mais ici la différenciation a été poussée plus loin et a fourni un type hololeucocrate très acide, qui n'existe pas dans l'archipel ; par contre, on n'y rencontre aucune lave très mélanocrate. L'île de Nosy-bé renferme des roches basaltiques de caractère essexitique ou même théralitique. Les ankaratrites constituent les types les plus mélanocrates des basaltes néphéliniques. Elles sont caractérisées par l'extrême prédominance des éléments ferro-magnésiens : olivine en phénocristaux, augite titanifère microlitique en totalité ou en partie, ilménite et souvent pérowskite, biotite; la néphéline ne comprend guère plus de 10 à 15 % de la roche.

Séance du 18 Septembre 1916

M. le Président annonce la mort de M. **P. Duhem**, membre non résident.

1° Sciences physiques. — M. **E. Esclangon** : *Sur le principe de Doppler et le sifflement des projectiles.* Le principe de Doppler a été souvent vérifié expérimentalement pour des vitesses relativement faibles, de l'ordre du dizième de la vitesse du son par exemple. On peut se demander ce que devient cette loi pour des vitesses très grandes, de l'ordre de celle du son, réalisées notamment par les projectiles. L'auteur montre que, dans le son perçu, la période est bien celle déduite du principe de Doppler, mais que le *timbre* peut varier plus ou moins rapidement en fonction du temps, ce qui explique bien la variété et la transformation des sons émis dans le sifflement des projectiles. — M. **H. Bordier** : *Action des rayons X sur l'iode et l'iodure d'amidon en milieu aqueux.* La décoloration des solutions d'iode et d'iodure d'amidon, que les rayons ultraviolets produisent après plusieurs heures, est opérée par les rayons X en quelques minutes. D'après l'auteur, les uns et les autres feraient cesser l'état colloïdal de l'iode en déchargeant les particules électrisées, et celles-ci entreraient en combinaison avec l'hydrogène de l'eau en donnant de l'acide iodhydrique.

2° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Les syénites à riebeckite d'Alter Pedroso (Portugal), leurs formes mésocrates (lusitanites) et leurs transformations en leptynites et en gneiss.* Les roches d'Alter Pedroso sont constituées soit par des pegmatites riches en riebeckite à énormes éléments, soit par des syénites à grain moyen et à grain fin. Les roches à grain fin, entièrement recristallisées, doivent être appelées des leptynites syénitiques quand elles sont très pauvres en minéraux colorés, ou des gneiss syénitiques à riebeckite dans le cas contraire; ces dernières constituent un type spécial, que l'auteur propose de nommer *lusitanite*. Les roches d'Alter Pedroso offrent l'un des plus remarquables exemples de la transformation progressive d'une roche éruptive en un schiste cristallin par recristallisation et par l'intermédiaire de types à structure cataclastique, sans changement de composition chimique. — M. **Mauger** : *Les minettes de Jersey.* Les minettes de Jersey, de structure variant de la grenue à la microlitique, sont caractérisées par leur couleur noire et l'abondance de la biotite, souvent associée à de l'augite; l'olivine en gros cristaux y est fréquente, mais toujours pseudomorphisée.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 5 Septembre 1916

M. **Vaillard** : *Au sujet de la prévention du tétanos par le sérum antitoxique.* L'application systématique des injections préventives de sérum antitétanique a réduit à des proportions remarquablement faibles les cas de tétanos *précoce* dans la guerre actuelle. Par contre, il se produit encore des cas plus ou moins retardés, et même très tardifs, qui pourraient être évités. Ainsi des cas de tétanos se sont produits de 12 à 20 jours après le traumatisme chez des sujets n'ayant reçu qu'une seule injection préventive de sérum immédiatement après la blessure. D'autres, en nombre appréciable, se sont manifestés presque immédiatement après une intervention chirurgicale portant sur le foyer d'une blessure qui datait, suivant le cas, de 20 jours à 3, 4, 6 ou même 10 mois; les blessés avaient reçu l'injection préventive immédiatement après le traumatisme initial. La plupart de ces tétanos *tardifs* pourraient être prévenus par des réinjections méthodiques de sérum antitoxique. — M. **C. Lian** : *Epreuve d'aptitude cardiaque à l'effort.* D'après 250 essais environ, dont 60 chez des sujets sains, l'auteur conclut que par la seule numération du pouls après un effort bien dosé on peut établir si l'aptitude cardiaque d'un sujet est bonne ou mauvaise. L'auteur a ainsi réglé les épreuves du pas de gymnastique sur place et du balancement d'un poids. Dans les conditions indiquées par lui, les réactions cardiaques à l'effort sont normales lorsque le pouls revient à sa fréquence antérieure, ou tout au moins à un état d'équilibre voisin du chiffre initial, au début de la 2e ou de la 3e minute après la fin de l'épreuve. Chaque fois que ce retour se fait attendre plus longtemps, on est autorisé à conclure que l'aptitude cardiaque à l'effort est diminuée.

Séance du 12 Septembre 1916

M. **R. Wurtz** : *Sur la nécessité de donner aux autorités sanitaires, en France, le droit de rechercher et de détruire les larves de moustiques.* On assiste en ce moment en France à des tentatives de réveil du paludisme, par suite du grand nombre de porteurs de germes amenés dans le pays depuis le début de la guerre. Que l'un de ces porteurs de germes séjourne dans une localité à Anophèles et y soit piqué au moment d'un accès, voilà une épidémie de fièvres intermittentes rendue possible. L'augmentation des moustiques dans certains quartiers de Paris ou ailleurs, simplement gênante quand il s'agit de *Culex*, est à la fois gênante et dangereuse quand il s'agit d'*Anopheles*. Ils doivent donc être pourchassés et détruits dans les deux cas. Pour remédier à l'insuffisance des règlements à ce sujet, l'auteur exprime donc le vœu, adopté à l'unanimité par l'Académie, que les pouvoirs donnés aux autorités sanitaires pour la prophylaxie des épidémies soient étendus à la recherche et à la destruction des moustiques. Ces pouvoirs comprennent le droit de visiter les immeubles et de prescrire les mesures nécessaires.

Séance du 19 Septembre 1916

M. le Dr **Wicart** : *Les mutilations de l'organe auditif par les détonations; leurs véritables causes; moyens pratiques de les éviter.* C'est l'éclatement des obus qui produit la grande majorité des mutilations de l'ouïe, et la détonation de ces engins frappe spécialement les organes de l'oreille moyenne. Sous la répétition ou sous la violence des chocs de l'air, l'oreille moyenne se congestionne parfois jusqu'à l'hémorragie ou jusqu'à la formation de petits hématomes intratympaniques, future amorce des larges perforations; le tympan s'enfonce vers le labyrinthe ou se fend linéairement, à moins qu'il n'éclate sous l'influence d'un corps étranger. Mais tous ces traumatismes n'auraient que des conséquences très réduites sans les complications qui dépendent de l'*état antérieur* du sujet et qui proviennent de l'infection de l'oreille moyenne. On empêchera celle-ci par la désinfection quotidienne des conduits auriculaires au moyen de tampons de coton imbibés de glycérine. — Après discussion du rapport de M. Reynier sur les *interventions et explorations nécessaires dans le service militaire pour le diagnostic et la thérapeutique*, l'Académie vote l'ordre du jour suivant : « Dans la conviction que toutes les mesures ont été ou seront prises pour assurer aux malades et blessés militaires les compétences médico-chirurgicales auxquelles ils ont droit, l'Académie, se plaçant au point de vue purement médical, estime que les malades et blessés militaires ne sont pas fondés à refuser les procédés d'investigation clinique nécessaires au diagnostic, ainsi que les moyens de traitement médicaux et chirurgicaux conformes à l'état actuel de la science, et les mieux appropriés à la guérison. »

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 18 Mai 1916

Sciences physiques. — M. **R. J. Strutt** : *Une modification active de l'azote.* VII. L'auteur, poursuivant ses recherches sur la modification active de l'azote qu'il a découverte [1], examine la production de celle-ci dans les

1. Voir la *Revue*, t. XXII, p. 391 et 555; t. XXIII, p. 34 et 167; t. XXVI, p. 355.

diverses régions de la décharge tranquille. 1° Elle est plus grande près de la cathode, diminue jusqu'à un minimum dans l'espace obscur de Faraday et augmente de nouveau dans la colonne positive jusqu'à une valeur constante le long de cette colonne, mais moindre qu'à la cathode. 2° Pour une valeur donnée du courant, on obtient beaucoup plus d'azote actif de la colonne positive dans un tube étroit que dans un tube large. La différence entre les gradients de potentiel dans les tubes étroits et larges n'est pas suffisante pour rendre compte d'une façon plausible de la différence de rendement en azote actif, qui doit plutôt être en relation avec la densité de courant. 3° Le rendement en azote actif atteint une limite lorsqu'on augmente la longueur de colonne positive traversée par le gaz; cela est dû à une action destructrice de la décharge, qui, au delà d'une certaine concentration, détruit l'azote actif aussi vite qu'elle le produit. 4° Une trace d'oxygène (ou tout autre adjonction) augmente notablement la production d'azote actif; la quantité d'oxygène nécessaire pour produire cet effet augmente considérablement la chute de potentiel à la cathode, mais n'affecte pas d'une façon appréciable la chute de potentiel dans la colonne positive. 5° L'azote actif est produit par l'étincelle à la pression ordinaire; la faible intensité de ce phénomène est due à l'action destructrice du gaz environnant sur l'azote actif après sa production. 6° Le métal projeté par une cathode de cuivre au passage de la décharge peut émettre son spectre de lignes dans un courant d'azote actif. — M. **R. A. Houstoun** : *Une théorie de la vision colorée.* L'auteur explique les faits du mélange des couleurs en supposant l'existence d'une classe d'oscillateurs dans la rétine, avec une période libre dans le milieu du spectre. Par suite d'influences perturbatrices, les vibrations de ces oscillateurs ne sont jamais monochromatiques, mais, si on les représente par une intégrale de Fourier, elles contiennent un certain intervalle de longueurs d'onde. Ainsi, même si la lumière incidente est du vert ou du rouge pur, les vibrations renferment aussi du jaune. Donc, si on identifie les vibrations des oscillateurs avec la lumière subjective, l'excitation simultanée de l'œil par le rouge et le vert produit du jaune.

Séance du 25 *Mai* 1916

M. C. G. Barkla : *Sur les rayons X et la théorie de la radiation* (Bakerian Lecture). L'auteur, après avoir passé en revue les propriétés des rayons X dispersés, des rayons X caractéristiques et des rayons X primaires, arrive aux conclusions suivantes. Quoique la radiation X soit émise par des électrons (probablement par des groupes d'électrons ou même des atomes) d'une façon continue et en quantité quelconque, elle est émise par quanta par les atomes lorsque certaines conditions critiques sont atteintes. La radiation X est absorbée en très faibles quantités — très petites par rapport à un quantum — dans certains processus; dans d'autres, elle est absorbée seulement en quantités plus grandes que le quantum de la radiation primaire — quantités variant d'un à deux quanta. Il n'y a pas de preuve d'absorption de la radiation X par quanta entiers. Le phénomène des rayons X ne vient donc pas à l'appui de la théorie des quanta, telle qu'on la comprend généralement. Il indique que le quantum est une unité d'énergie atomique plutôt que de radiation; cette unité apparaît nécessairement dans certains processus de radiation et d'absorption.

Séance du 1er *Juin* 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **K. Terazawa** : *Perturbation périodique de niveau provenant de la charge des marées océaniques voisines.* Dans les observations de Hecker sur les déviations lunaires de la gravité, la force qui agit en apparence sur le pendule à Potsdam est une fraction plus grande de l'attraction directe de la Lune quand elle agit vers l'E ou l'W que lorsqu'elle agit vers le N ou le S. Michelson a trouvé un résultat semblable à la suite de ses observations sur la perturbation lunaire du niveau de l'eau à Chicago. L'auteur communique les calculs qu'il a entrepris en vue de décider jusqu'à quel point le balancement du sol causé par l'excès de pression dû à la marée dans l'Atlantique Nord joue un rôle dans l'explication de cette contradiction géodynamique. En remplaçant l'Atlantique Nord par un bassin circulaire de 2000 km. de rayon, plaçant Chicago à 1000 km. de la côte et égalant la rigidité de la Terre à 6×10^{11} unités C. G. S., l'auteur trouve que l'effet d'attraction d'une marée uniforme par mètre de hauteur est d'environ 0,0024", tandis que son effet de balancement s'élève à 0,0069", le maximum de l'attraction lunaire directe étant de 0,017". Si la surface de la marée est ellipsoïdale, en pente vers la côte, on obtient à peu près le même résultat pour la même hauteur moyenne de marée.

2° Sciences physiques. — M. **H. M. Macdonald** : *La transmission des ondes électriques autour de la surface terrestre.* L'auteur déduit une formule pour la force magnétique en un point quelconque de la surface terrestre supposée imparfaitement conductrice quand la source est un simple oscillateur normal à sa surface. Si $\eta = (\sigma/2\lambda V)^{1/2}$, où σ est la résistance spécifique de la Terre à sa surface, V la vitesse de la radiation dans l'espace à l'extérieur de la Terre et λ la longueur d'onde des oscillations — et si $z = (2\pi a/\lambda)$, où a est le rayon de la Terre — il apparaît que, lorsque ηz est une quantité faible, l'effet d'une conduction imparfaite est d'augmenter la force magnétique à une certaine distance de l'oscillateur, le rapport de la force magnétique dans ce cas à la force magnétique lorsque la conduction est parfaite augmentant avec la distance de l'oscillateur et diminuant lorsque la longueur d'onde croît. En négligeant les carrés et les puissances supérieures de $\eta z^{1/3}$, les résultats obtenus aux distances angulaires de 6°, 9°, 12°, 15°, 18° de l'oscillateur pour une longueur d'onde de 5 km., concordent avec ceux dérivés de la formule de Love lorsqu'on y néglige $(k/m)^2$. L'effet des termes comprenant les carrés de $\eta z^{1/3}$ est opposé à celui des termes du premier ordre. Pour une longueur d'onde de 5 km., le rapport ci-dessus croît presque uniformément de 1,004 à une distance angulaire de 6° à 1,027 à 18°, et de 1,016 à 6° à 1,082 à 18° pour une longueur d'onde de 2 km. — M. **E. B. R. Prideaux** : *L'emploi de mélanges partiellement neutralisés d'acides comme régulateurs des hydrions.* On sait que les mélanges d'acides ont certains avantages sur les acides simples qui ont été employés jusqu'à présent comme régulateurs des hydrions. Mais on n'avait pas indiqué jusqu'à aujourd'hui un mélange qui permit de réaliser tout l'intervalle entre $p_H = 2$ et 12. L'auteur montre qu'un mélange d'acides phosphorique, acétique et borique peut être employé dans ce but. Sa courbe de neutralisation est presque entièrement linéaire dans l'intervalle ci-dessus, avec deux légères inflexions vers 3,5 et 10,5. L'intervalle de 7,5 à 8,3, si important pour la détermination de H^+ dans l'eau de mer, est facile à reproduire avec exactitude.

Séance du 8 *Juin* 1916

Sciences physiques. — MM. **E. Wilson** et **J. W. Nicholson** : *La protection magnétique de grands espaces et sa mesure expérimentale.* La protection magnétique d'un grand espace est un problème très différent dans la pratique de celui de la protection d'un petit espace, et l'efficacité d'une telle protection a une grande importance par suite de ses applications possibles. Les dispositifs usuels d'enveloppes en fer doux nécessiteraient une quantité de matière inadmissible. En employant une série d'enveloppes sphériques concentriques en acier à haute perméabilité pour aimants de dynamo, les auteurs sont arrivés à obtenir un champ ne dépassant pas 3.10^{-3} dans un espace d'un rayon de 30 cm. en employant seulement 1.273 kg. de matière. Ils indiquent une méthode très exacte pour la mesure de champs aussi faibles. Ils ont étudié également la perte par les

intervalles d'air dans leur bouclier magnétique, et ils l'ont trouvée beaucoup plus importante qu'ils ne le supposaient. Quoique la polarisation des enveloppes existe jusqu'à un certain point, elle n'est cependant pas suffisante pour affecter leurs conclusions. Le champ de perte peut, d'ailleurs, être complètement isolé des autres champs. Grâce au nouveau dispositif, il est maintenant possible d'examiner comment se comporte le fer sous une force magnétique pratiquement nulle. — M. le comte **de Berkeley** et M. **E. G. J. Hartley** : *Nouvelles déterminations de pressions osmotiques directes.* Les auteurs ont mesuré directement les pressions osmotiques du sucre de canne, de l'α-méthylglucoside, d'un certain nombre de ferro- et de ferricyanures et de quelques sels. Les valeurs trouvées pour le sucre de canne concordent avec celles de Morse, à part quelques légères différences aux basses concentrations. Parmi toutes les substances ionisées examinées (à l'exception d'un sel), celles dont la molécule est formée d'une base bivalente combinée à un radical acide bivalent sont ionisées en solution. Les auteurs ont développé la méthode dynamique de mesure des pressions osmotiques de façon à permettre l'estimation rapide des poids moléculaires avec une grande exactitude, même en solution très diluée.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 16 Juin 1916

M. **G. D. West** : *Méthode pour mesurer la pression de la lumière au moyen d'une mince feuille métallique.* II. La pression de la radiation émise par une lampe à filament de carbone, à une distance de quelques cm., est suffisante pour produire une déviation mesurable au microscope de l'extrémité d'une feuille d'or ou d'aluminium suspendue dans un tube fermé; on a ainsi un moyen de mesurer cette pression de radiation. Dans un mémoire antérieur, l'auteur avait expérimenté dans des atmosphères d'air et d'hydrogène, à des pressions variant de 76 à 1 cm. de mercure. Il a poursuivi ses recherches à des pressions allant de 1 cm. de mercure jusqu'aux vides les plus élevés. Lorsque la pression s'abaisse, on voit se manifester des effets dus à l'action des gaz; lorsque la feuille métallique est plus rapprochée d'une des parois du récipient que de l'autre, il y a une répulsion de la feuille par la paroi la plus proche, quel que soit le côté où tombe la radiation. En suspendant la feuille bien symétriquement, et en faisant le vide avec l'air liquide et le charbon, il est possible de réduire l'action des gaz suffisamment pour effectuer des mesures de la pression de radiation avec une précision raisonnable. — Mlle **E. Humphrey** et M. **E. Hatschek** : *La viscosité des suspensions de particules rigides à différents degrés de cisaillement.* D'après la formule d'Einstein-Hatschek, la viscosité d'une suspension de particules sphériques rigides croît dans un rapport linéaire avec le volume total des particules suspendues et est indépendante de leurs dimensions, aussi longtemps que ces dernières se conforment à la formule de Stokes. Les auteurs ont voulu vérifier cette formule pour différents degrés de cisaillement. Ils ont opéré sur une suspension d'amidon de riz de 0,003 mm. de diamètre et moins dans un mélange de CCl^4 et de toluène ayant la même densité. Les mesures ont été effectuées avec un appareil de Couette modifié, où l'on déterminait la déviation d'un cylindre suspendu coaxialement dans un autre cylindre rempli du liquide et tournant à diverses vitesses. Toutes les mesures ont été effectuées à des vitesses inférieures à celles où se manifeste la turbulence, de sorte que la déviation était proportionnelle au produit: viscosité × vitesse angulaire. Les résultats obtenus sont les suivants : 1° La viscosité d'une suspension est fonction du degré de cisaillement, et augmente lorsque ce dernier diminue, la différence étant plus marquée aux concentrations élevées. 2° Pour tous les degrés de cisaillement, la viscosité d'une suspension augmente plus rapidement que le volume total de la matière supendue. 3° Pour tout degré de cisaillement, la viscosité relative d'une suspension, c'est-à-dire sa viscosité absolue divisée par la viscosité absolue du milieu au même degré de cisaillement, augmente aussi plus rapidement que le pourcentage de la matière suspendue. La conclusion générale est que l'hypothèse sur laquelle repose la formule d'Einstein-Hatschek, c'est-à-dire la non-interférence entre les particules voisines, ne se vérifie pas pour les suspensions contenant de 2 à 6 % de matière suspendue.

ACADÉMIE DES SCIENCES D'AMSTERDAM

Séance du 28 Avril 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **J. C. Kluyver** : *Sur quelques séries numériques d'Euler.* L'auteur complète la démonstration d'un théorème d'Euler, concernant une forme particulière de séries numériques. — MM. E. F. van de Sande Bakhuyzen et W. de Sitter présentent un travail de M. **C. de Jong** : *Détermination de la constante de la précession et des mouvements propres systématiques par comparaison du catalogue de Küstner, renfermant 10.663 étoiles, avec quelques catalogues de zones de l'Astronomische Gesellschaft.*

2° Sciences physiques. — M. **F. A. H. Schreinemakers**: *Equilibres in-, mono- et divariants.* IX. Examen de la direction des courbes aboutissant en un point invariant. — MM. **Ernst Cohen** et **C. W. G. Hetterschij** : *La courbe de solubilité du sulfate de zinc.* — MM. **Ernst Cohen** et **R. T. A. Mees** : *La thermodynamique des éléments normaux.* VIII. *L'élément normal au calomel de Lipscomb et Hulett.* Par suite d'erreurs de calcul, commises par Lipscomb et Hulett dans le calcul de l'énergie chimique de leur élément normal, la comparaison avec le résultat des mesures électriques est impossible. — MM. F. A. G. Molengraaff et K. Martin présentent une note de M. **A. L. W. E. van der Veen** : *L'eutectique apparent quartz-feldspath.* — M. **H. J. Hamburger** : *Analyse microvolumétrique, démontrée au moyen d'une détermination quantitative de petites quantités de SO_4.* Le principe de la méthode consiste en ceci, que le précipité formé par le réactif est centrifugé dans un tube capillaire calibré, jusqu'à ce que le volume occupé reste constant; de ce volume se déduit ensuite la quantité de substance.

3° Sciences naturelles. — MM. C. Winkler et L. Bolke présentent un travail de M. **D. J. Hulshoff Pol** : *Les rapports des circonvolutions de Gratiolet avec la fissure simiale.* Pendant la vie fétale, ces circonvolutions se trouvent à la surface et relient les lobes pariétal et temporal à l'occipital. Lorsque la fissure simiale se forme à la frontière des régions pariétale et occipitale, les circonvolutions sont poussées à l'intérieur ; elles restent à la surface lorsque la fissure se forme sur la région occipitale. — MM. H. Zwaardemaker et Max Weber présentent un travail MM. **H. M. de Burlet** et **J. J. J. Koster** : *Sur la détermination de la position des plans des canaux semi-circulaires et de la macula.* La question est traitée d'une façon mathématique. — MM. F. A. F. C. Went et J. W. Moll présentent un travail de Mlle **E. Talma** : *L'influence de la température sur la croissance en longueur des racines de Lepidium sativum.* Cette croissance présente un optimum vers 28°. — MM. H. Zwaardemaker et C. A. Pekelharing présentent un travail de M. **T. P. Feenstra** : *Un nouveau groupe d'atomes compensateurs.* I. L'auteur a trouvé que les sels d'urane, tout comme les sels de calcium, sont capables de remplacer le potassium dans la liqueur de Ringer.

J.-E. V.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 20 30 OCTOBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Astronomie

Effets possibles du magnétisme planétaire. — La question de l'existence d'effets cosmiques provenant des champs magnétiques planétaires possibles est une de celles qui retiennent actuellement l'attention des astronomes. On sait, par exemple, que le mouvement de la Lune présente un certain nombre d'irrégularités trop considérables pour qu'on puisse en rendre compte par aucun effet résiduel connu de la gravitation. Des irrégularités analogues existent dans les mouvements de Mercure, de Vénus et de la Terre. Il devient, dans ces conditions, intéressant de rechercher si ces irrégularités dans le mouvement des corps célestes peuvent être reliées à des effets magnétiques.

Dans cet ordre d'idées, M. L. A. Bauer[1] indique une formule qu'il a établie théoriquement pour déterminer l'intensité des champs magnétiques qui peuvent exister autour de quelques astres du système solaire pour lesquels on connaît un certain nombre de constantes.

Désignons par M_e l'intensité du champ magnétique terrestre au voisinage des pôles, soit environ 0,65 gaus, et représentons respectivement par ω_e, R_e, D_e, G_e, la vitesse moyenne de rotation, le rayon moyen, la densité moyenne et l'intensité de la pesanteur à la surface de notre globe. Donnons une signification analogue aux grandeurs, M_a, ω_a, R_a, D_a, G_a, pour un astre quelconque (a). M. Bauer a établi que l'on a approximativement :

$$M_a : M_e = (\omega_a R_a^2 D_a) : (\omega_e R_e^2 D_e)$$
$$= \omega_a R_a G_a : \omega_e R_e G_e.$$

Dans le cas du Soleil, par exemple, on obtient ainsi une valeur du champ, M_s, qui s'accorde à 10 % près avec la valeur provisoire donnée par Hale. Pour les planètes Mars, Jupiter et Saturne, dont les vitesses angulaires de rotation sont connues, on obtient :

$$M_m = 0{,}2\ M_e$$
$$M_j = 68\ M_e$$
$$M_s = 24\ M_e$$

Dans l'hypothèse qui sert de base à la formule, on devrait donc admettre que Jupiter, Saturne et probablement aussi Uranus et Neptune peuvent être entourés de champs magnétiques plus intenses que le champ terrestre.

§ 2. — Météorologie

La théorie de la grêle de Ch. Weyher. — La notice nécrologique que j'ai consacrée ici même[1] à Charles Weyher mentionnait, comme application de sa théorie des tourbillons, l'expérience faite avec du pollen de peuplier, par laquelle il a démontré de quelle manière le grêlon se forme, grossit, puis tombe ensuite suivant une certaine loi.

Comme il vient de me l'écrire, M. le Dr Raphaël Dubois a trouvé dans la théorie de Ch. Weyher l'explication des phénomènes qu'il avait constatés dans la nature, et fait connaître par ses notices de 1912 et de 1914. Les travaux des deux savants se confirment et se complètent.

« Quelle est, se demandait le Dr Dubois, la provenance des poussières de pollen de pins maritimes dans les grêlons (ce qu'on a appelé la pluie de soufre); d'où viennent les poussières animales (microbes) constatées dans les grêlons? — Elles peuvent, disait-il, résulter de fumées, de *tourbillons terrestres*, comme ceux qui forment les colonnes de sable du désert, ou bien d'éruptions volcaniques éloignées... »

Voici comment Ch. Weyher expliquait, dans son ouvrage sur les tourbillons[2], dès 1887, la formation de la grêle, et son explication répond victorieusement à toutes les questions que des phénomènes relativement récents ont fait poser au Dr Dubois et à d'autres chercheurs.

Depuis longtemps, disait au chapitre « grêle » Ch. Weyher, les observateurs ont remarqué que la

1. *The Physical Review*, 2e série, t. VII, p. 500; avril 1916.

1. Voir la *Revue* du 30 juillet 1916.

2. Ch. WEYHER : Sur les tourbillons, trombes, tempêtes et sphères tournantes. Etude et expériences. Gauthier-Villars (Edition épuisée).

grêle est toujours accompagnée de mouvements tourbillonnaires de l'air ; mais aucune théorie satisfaisante n'a été donnée du phénomène. Les uns l'attribuent à l'électricité; d'autres font intervenir des appels d'air dans le sens horizontal, appels occasionnés par la chute de la pluie ; mais tout cela est loin de satisfaire l'esprit. Avant d'émettre sa théorie, Ch. Weyher rappelle les expériences suivantes sur les tourbillons.

1re expérience. — Dans une calotte sphérique formant cuvette (fig. 1), l'opérateur place de vingt à trente petits ballons gonflés d'air, de 0 m. 04 à 0 m. 05 de diamètre, et il soumet la cuvette en question à l'action d'un tourniquet horizontal de 0 m. 12 à 0 m. 15 de diamètre,

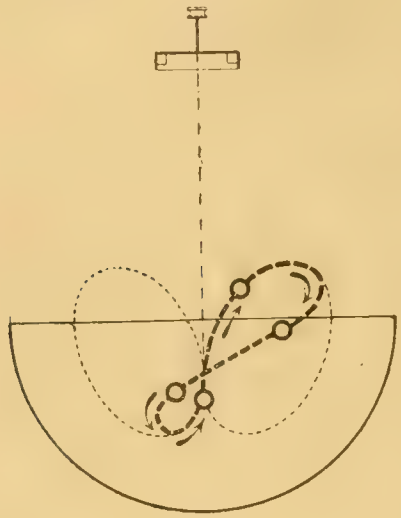


Fig. 1.

sur 0 m. 03 à 0 m. 04 de hauteur, placé à 0 m. 80 ou 1 mètre au-dessus de la cuvette.

Réglant la vitesse de rotation du tourniquet de manière que les ballons ne montent pas jusqu'à lui, nous voyons alors ceux-ci se mettre en mouvement et prendre un régime, toujours le même : ceux qui se trouvent vers les circonférences extérieures gagnent le centre par le bas; chaque fois que l'un d'eux a pu se frayer un passage à travers les autres, il s'élève verticalement comme une flèche, puis s'écarte de l'axe sur une spire centrifuge et regagne les circonférences extérieures pour descendre de nouveau et revenir au centre.

Tous les ballons, les uns après les autres, parcourent ce trajet en se heurtant naturellement lors du passage au foyer et l'ensemble prend la forme du *hérisson* de la trombe marine.

Le trait pointillé en gros indique l'une des trajectoires formant un 8 en projection verticale, la branche verticale passant par le foyer, tandis que la branche inclinée se trouve à l'extérieur du hérisson.

Le trait fin indique la limite extérieure de toutes ces trajectoires donnant, par leur ensemble, la forme du hérisson.

2e expérience. — Comme le pied du tourbillon produit par le tourniquet en plein air, même dans une chambre, se déplace — ce qui gêne ces observations — Ch. Weyher eut l'idée d'opérer dans un cylindre en verre d'environ 0 m. 40 de diamètre, sur 0 m. 75 à 0 m. 80 de hauteur. Plaçant dans le cylindre du pollen de peuplier blanc, après avoir bien séparé chaque petit grain muni de ses poils de son voisin, Ch. Weyher imprime à son tourniquet un mouvement assez lent, afin de pouvoir bien suivre l'opération et afin d'empêcher les laines de remonter jusqu'au haut.

Aussitôt l'air en mouvement, nous voyons les petits flocons prendre le régime connu du hérisson; ils montent constamment au centre pour redescendre aux circonférences, et l'on peut suivre admirablement ce double mouvement. Après quelques moments de marche, nous arrêtons le tourniquet et nous voyons alors que les flocons de laine ont formé une série de petites balles plus ou moins sphériques. Chaque fois, en effet, qu'ils passaient au foyer, ils s'y rencontraient plusieurs à la fois et s'accrochaient les uns aux autres pour former des sphères aussi parfaites que le permet le genre de matière à laquelle nous avons affaire ici. — Et les balles ne se sont pas formées par le roulement de la laine contre les parois du cylindre, l'opérateur ayant eu soin de régler la force du tourbillon de manière que le hérisson ait un diamètre bien inférieur à celui du cylindre (fig. 1).

3e expérience. — Ch. Weyher place à 0 m. 30 ou 0 m. 40 au-dessous du petit tourniquet un plateau de verre, ou une planche bien dressée, sur laquelle il pose, sur champ, une rondelle ou une pièce de monnaie, à laquelle il imprime avec les doigts un premier mouvement rotatoire autour de l'un des diamètres et dans le même sens que le tourniquet. — Après avoir retiré la main assez lestement, nous voyons le tourbillon aérien saisir cette pièce et lui continuer son mouvement de toupie, en l'accélérant beaucoup lorsque, dans ses girations autour de l'axe, la pièce vient à passer au centre ou dans son voisinage. Le tourbillon la retient absolument captive dans son rayon d'action.

En tournant rapidement autour de l'un de ses diamètres, la rondelle laisse apercevoir la sphère qu'elle engendre. Disons tout de suite que cette palette circulaire qui tourne autour d'un de ses diamètres constitue un ventilateur sphérique dont l'effet est d'aspirer l'air sur les deux pôles et de l'expulser par l'équateur.

Si donc l'air du tourbillon charriait des poussières, celles-ci, dans le voisinage de la pièce, pénétreraient par les pôles pour ressortir par l'équateur, à moins que ces poussières ne soient collantes, auquel cas elles resteraient agglutinées sur la pièce de monnaie et principalement dans le voisinage des pôles.

L'effet serait évidemment le même, quoique moins accentué pour la vitesse dont nous disposons, si nous remplacions la rondelle formant sphère par une sphère pleine; mais nous ne réussirions pas à maintenir celle-ci sur le plateau de verre, car, l'axe autour duquel s'effectue sa propre rotation étant oblique, il se créerait de suite, au contact et par frottement, une composante de roulement qui ferait sortir la sphère du rayon actif du tourbillon.

Ces trois expériences donnent toute l'explication de la formation de la grêle, et elles répondent à toutes les questions de M. le Dr Dubois.

Représentons, dit Ch. Weyher, par une de ses spires A (fig. 2) un tourbillon aérien, engendré dans les régions supérieures de l'atmosphère, d'où il fait nécessairement descendre des veines d'air se trouvant à une température bien au-dessous de zéro. Son pied vient entamer le nuage B qui lui sert de plancher et dont la vapeur d'eau est relativement chaude. Aussitôt les molécules de vapeur sont congelées par l'air froid qui les entraîne au centre; ces molécules, ou parcelles de neige, viennent donc se heurter les unes contre les autres, au foyer du tourbillon, et, comme le phénomène se passe surtout en été et dans un nuage relativement chaud, elles se soudent les unes aux autres et forment ainsi de premiers petits noyaux. D'ailleurs le choc réciproque peut amener le réchauffement jusqu'à la soudure.

Ces premiers noyaux conserveront l'apparence blanche de la neige, parce que les parcelles qui les ont formés ne présentaient pas une masse suffisante pour que leur choc réciproque ait pu les amener, par compression, à l'état de glace translucide.

Chaque noyau ne peut séjourner au foyer qu'un temps infiniment petit ; il est entraîné dans le cône supérieur et se met à décrire le hérisson, en restant captif autour du foyer et en y repassant sans cesse, jusqu'à ce que son poids soit devenu suffisant pour que la force centrifuge développée dans ses girations autour de l'axe vienne

à l'emporter sur la force centripète exercée par le tourbillon.

Mais déjà, à son premier passage au foyer, le noyau en formation a été mis en rotation sur lui-même (comme la pièce de monnaie). Si, par exemple, la vitesse linéaire du vent formant le tourbillon était de 60^{m} à la seconde, et si le 1er noyau d'un grêlon en formation avait 10^{mm} de diamètre, il ferait environ 2.000 tours à la seconde sur son propre axe. Il est donc devenu centre d'attraction comme nous l'avons vu à l'expérience n° 3, et dans son parcours sur les lignes du hérisson, il se nourrit par ses pôles de toutes les parcelles de neige qui se trouvent dans son voisinage — mais aussi du pollen de pin, ou

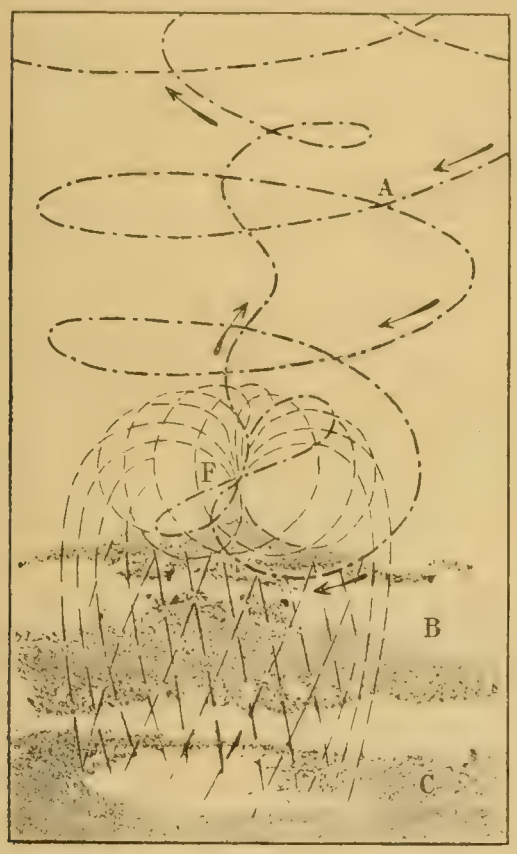


Fig. 2.

des microbes qu'il rencontre — parcelles de neige, pollen ou microbes qui vont l'accompagner dans ses girations. Les pôles s'allongent donc; mais l'air, trouvant alors plus de prise sur ces parties ainsi allongées, fait culbuter peu à peu l'axe de rotation primitif du grêlon qui se met à tourner sur des axes constamment renouvelés; les parcelles de neige se collent alors sans cesse sur les nouveaux pôles correspondants, et la sphère qui en résulte grossit de plus en plus.

Lors donc d'un deuxième, d'un troisième..., passage au foyer, la sphère vient se heurter chaque fois à d'autres semblables, grandies et venues en même temps de tous les côtés; les grêlons se martèlent et se roulent les uns contre les autres au moment de ce passage au foyer; la neige, qui pendant leur trajet s'y était simplement collée, se serre sous ce martelage et prend l'aspect de glace translucide.

Le phénomène continuant ainsi, et les grêlons grossissant sans cesse, il arrive un moment où, pour chacun d'eux, l'action centrifuge développée par la giration autour de l'axe l'emporte sur la force centripète du tourbillon; ils s'échappent alors du hérisson pour tomber à terre C sur un diamètre variant avec l'intensité du tourbillon.

Tout le système se déplaçant horizontalement, la contrée reçoit la grêle sur une zone ayant pour largeur le diamètre d'échappement des grêlons, et pour longueur celle qui correspond à la durée et à la vitesse de translation du tourbillon générateur.

Telle est la théorie de la grêle de Ch. Weyher; elle explique « la pluie de soufre », la présence des microbes dans les grêlons, la pluie de grenouilles ou de poissons suivant les eaux qui sont pompées par le tourbillon; elle explique enfin l'action des coups de canon qui, s'ils atteignent l'axe du tourbillon, peuvent disloquer le fuseau de la trombe, s'il est de faibles dimensions.

Et cette théorie est restée inconnue pendant trente ans, puisqu'elle a été textuellement imprimée en 1887 chez Gauthier-Villars.

L'édition étant épuisée, nous sommes heureux de penser que, par sa mort, notre éminent parent aura fait revivre son œuvre en nous permettant d'y intéresser les savants et d'en publier une parcelle.

C^{l} Gruau.

§ 3. — Physique

Pompe à vide à vapeur de mercure. — On a beaucoup utilisé, ces dernières années, l'action de jets de vapeur ou d'air mis en action par des aspirateurs ou des éjecteurs pour obtenir un vide partiel. Le rôle du jet est double : 1° il attire le gaz environnant et le fixe dans sa masse; 2° il le transporte dans la chambre de condensation.

Les aspirateurs cessent de fonctionner aux basses pressions parce que le premier de ces mécanismes se trouve en défaut; les molécules gazeuses qui s'échappent du jet compensent celles qui sont attirées. Mais si, pour de basses pressions, on peut faire entrer le gaz dans le jet et empêcher les molécules qui s'en échappent de revenir dans le récipient où l'on veut faire le vide, on conçoit qu'il puisse être possible de construire une pompe à jet de vapeur fonctionnant aux pressions les plus basses.

Gaede[1] a décrit récemment une pompe (appelée pompe à diffusion) dans laquelle un courant de vapeur de mercure transporte dans le condenseur le gaz que l'on veut extraire par un mécanisme analogue à celui d'un aspirateur à vapeur. Pour introduire le gaz dans le jet de vapeur de mercure, Gaede a utilisé la diffusion à travers un diaphragme à parois poreuses, ou, ce qui revient au même, à travers une fente de largeur comparable au libre parcours moyen des atomes de mercure contenus dans le jet. Une partie du mercure du jet s'échappe à travers la fente et le gaz qu'on veut extraire diffuse à l'intérieur du jet. Il faut donc avoir une fente très étroite (environ 0,1 mm.), ce qui rend le fonctionnement de la pompe relativement lent.

Gaede définit la vitesse S de fonctionnement d'une pompe par l'équation :

$$S = \frac{V}{t} \operatorname{Log}_n \frac{p_0}{p},$$

V désignant le volume du récipient où l'on veut faire le vide et t le temps nécessaire pour que la pression tombe de p_0 à p. Voici, d'après Gaede, les vitesses de fonctionnement de ses diverses pompes pour un vide de 0,001 mm. de mercure :

Pompe rotative à mercure	S =	120 cm^3 par sec.
Pompe moléculaire	S =	1.300 —
Pompe à diffusion	S =	80 —

Le grand avantage de la pompe à diffusion est que la valeur de S demeure constante aux pressions les plus basses, tandis que, pour toutes les autres pompes, la valeur de S décroît rapidement quand la pression tombe bien au-dessous de 0,001 mm.

M. Irving Langmuir[2] s'est proposé de remédier aux faibles vitesses qu'impose la lenteur de la diffusion à

1. *Ann. der. Phys.*, t. XLVI, p. 357; 1915.
2. *The Physical Review* [2], t. VIII, p. 48; juillet 1916.

travers des fentes étroites en utilisant d'autres méthodes pour introduire le gaz dans le courant de vapeur de mercure.

La figure 1 donne le schéma d'un des modèles qui ont fourni des résultats satisfaisants.

Un courant de vapeur de mercure monte du récipient A, que l'on chauffe, à travers les tubes B et C, dans le condenseur D. L'espace annulaire E, disposé autour de B, communique par l'intermédiaire de F et de G avec le récipient où l'on veut faire le vide. Le tube C s'élargit en une ampoule H juste au-dessus de l'extrémité supérieure du tube B. Cette ampoule est entourée d'un condenseur à eau J, dans lequel on peut maintenir l'eau à un niveau quelconque grâce au tube K relié à un aspirateur à eau. Le mercure qui se condense en D et H retourne au récipient A par les tubes L et M. Le tube N communique avec une pompe ordinaire capable de maintenir une pression notablement inférieure à celle que possède la vapeur de mercure dans A.

Dans cette pompe, les atomes de mercure qui s'échappent de l'extrémité supérieure du tube B divergent dans toutes les directions. Une partie monte dans C, mais le plus grand nombre vient frapper les parois de l'ampoule H.

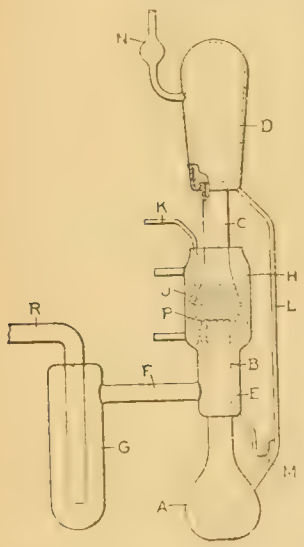


Fig. 1. — *Pompe à vide à vapeur de mercure.*

S'il n'y a pas d'eau dans le condenseur J, le mercure qui se condense sur les parois s'évapore à nouveau presque aussi vite qu'il se condense. Les molécules passant de l'extrémité du tube B vers les parois H rencontrent les molécules qui s'évaporent et peuvent alors être déviées vers le bas de l'espace annulaire E. Ce courant descendant de vapeur de mercure à travers E empêche le gaz de F de monter dans H, en sorte que, dans ces conditions, les gaz de F peuvent traverser la pompe beaucoup plus lentement que s'il n'y avait pas de vapeur de mercure produite en A.

D'un autre côté, quand l'eau froide circule autour du condenseur J, *tous* les atomes de mercure qui frappent les parois de H se condensent, en sorte qu'il n'y a pas de mercure qui descende à travers E. Le gaz provenant de F monte ainsi librement à travers E et quand il rencontre, en P, le courant de vapeur de mercure, est entraîné vers le haut le long des parois du condensateur H et, finalement, dans le courant principal de vapeur de mercure qui monte à travers C dans le condensateur D.

Parmi les avantages de cette pompe, il convient de signaler l'absence de limite inférieure pour la pression atteinte et la vitesse de fonctionnement qui est très élevée. Dans le cas de l'air, cette vitesse augmente rapidement à mesure que la pression diminue et atteint une limite de 4.000 cm³ par seconde aux pressions inférieures à 10 baries; des considérations théoriques indiquent que la vitesse demeure ensuite constante jusqu'aux plus basses pressions. Pour l'hydrogène, la vitesse maxima est d'environ 7.000 cm³ par seconde.

A. B.

§ 4. — Chimie

Sur une modification active de l'hydrogène produite par les rayons α. — On sait que les rayons émis par les substances radioactives peuvent déterminer des réactions chimiques : ils décomposent l'eau, que cette eau soit prise à l'état solide, liquide ou gazeux; ils engendrent l'ozone par leur passage dans l'oxygène, etc.

MM. William Duane et G. L. Wendt[1] ont institué des expériences en vue de déterminer si ces rayons ne sont pas susceptibles de fournir une modification chimique de l'hydrogène.

L'hydrogène est préparé par électrolyse d'une solution à 10 % d'acide chlorhydrique deux fois distillé, contenue dans un flacon de Wolff, de deux litres de capacité. Une lame de platine platiné constitue la cathode; l'anode est formée par des lames du zinc commercial le plus pur, immergées dans du mercure purifié par distillation. Un tel générateur fournit son propre courant. Il dégage de l'hydrogène d'une pureté exceptionnelle, car le chlore est absorbé par l'amalgame de zinc pour donner du chlorure de zinc et ne reste jamais à l'état de gaz. L'hydrogène est purifié par son passage sur des fragments de potasse, puis sur de l'amiante platinée chauffée au rouge, puis encore sur des fragments de potasse, et enfin sur de l'anhydride phosphorique qui achève la dessiccation. On obtient ainsi de l'hydrogène parfaitement débarrassé de toute trace d'acide, de gaz carbonique, de chlore, d'oxygène et de vapeur d'eau. L'hydrogène arsénié qui pourrait se former à partir d'une impureté d'arsenic contenue dans le zinc serait décomposé par l'amiante platinée chauffée au rouge, mais l'étude du générateur utilisé a montré qu'il ne se forme pas d'hydrogène arsénié, même lorsque le zinc est très impur. L'hydrogène ne pourrait finalement contenir comme impuretés que l'azote et les gaz rares provenant de l'air dissous dans l'acide du générateur; on s'en débarrasse en faisant le vide dans le système, au moyen d'une trompe à eau, jusqu'à une pression très voisine de la tension de vapeur de la solution; on produit de l'hydrogène de manière à amener la pression au voisinage de la pression atmosphérique et on fait le vide, on répète cette opération à trois reprises. A la suite de quoi on fait fonctionner l'appareil pendant 40 heures avant d'utiliser l'hydrogène; on est bien sûr que toute trace d'impureté provenant de l'air dissous est ainsi éliminée.

Quand on soumet une ampoule de 5 cm³ de cet hydrogène au rayonnement α de 35 millicuries d'émanation du radium dans un tube à rayons α, il en résulte une diminution de volume. On mesure cette diminution par la variation du niveau du mercure dans les deux branches d'un tube en U, l'une des branches étant en communication avec l'ampoule soumise au rayonnement, l'autre avec une ampoule semblable remplie avec le même hydrogène.

Un tel changement de volume doit être attribué à une agglomération d'atomes ou de molécules d'hydrogène, — à moins qu'il ne soit le résultat d'une action quelconque sur la surface du mercure. Cette dernière hypothèse est éliminée par l'étude minutieuse des propriétés chimiques du gaz.

On fait passer le courant d'hydrogène pur dans une ampoule et, pendant son passage, on le soumet au rayonnement de l'émanation du radium. De la chambre d'ionisation, l'hydrogène passe à l'intérieur d'un tube de verre contenant de la fleur de soufre et ensuite sur une bande de papier filtré imprégné d'une dissolution d'acétate de plomb. Au bout de 5 à 6 heures, le papier indique nettement la formation d'hydrogène sulfuré, bien qu'en quantité inférieure à 1 mgr. Quand l'émanation est supprimée, le courant d'hydrogène peut circuler pendant plusieurs jours sur le soufre sans produire la moindre trace d'hydrogène sulfuré. La variété d'hydrogène obtenue par l'influence de l'émanation est donc chimiquement plus active que la variété ordinaire. De plus, elle est instable, comme on pouvait le prévoir, car la quantité d'hydrogène sulfuré décélée varie avec

1. *The Physical Review*, 2e série, t. VII, p. 689; juin 1916.

la vitesse du courant d'hydrogène. En réduisant de moitié le temps qui s'écoule entre le moment de l'exposition aux rayons et celui du contact avec le soufre, on augmente notablement la quantité d'hydrogène sulfuré formé. Si le temps qui s'écoule entre l'instant de la production de la variété nouvelle d'hydrogène et celui de l'action sur le soufre dépasse une minute, la quantité d'hydrogène sulfuré obtenue est extrêmement faible.

Pour s'assurer que l'effet chimique ne tient pas aux ions produits, on fait passer l'hydrogène, après l'exposition aux rayons ionisants, dans un champ électrique intense qui élimine tous les ions. La production d'hydrogène sulfuré n'étant pas modifiée, il faut conclure que l'activité de l'hydrogène est due à des molécules électriquement neutres.

Le passage de l'hydrogène dans un long serpentin qu'on immerge dans l'air liquide avant d'arriver à l'ampoule soumise au rayonnement — et qui a pour effet d'éliminer toute trace d'impureté — n'affecte en rien les observations.

La réaction avec le soufre n'est pas la seule possible, bien qu'on l'ait utilisée de préférence pour les essais, à cause de la facilité avec laquelle on peut déceler l'hydrogène sulfuré formé.

L'hydrogène actif attaque le phosphore, comme le montre le noircissement d'un papier imprégné de nitrate d'argent sous l'action de l'hydrogène phosphoré produit. De même, l'action sur l'arsenic gris, en poudre, donne de l'hydrogène arsénié qu'on peut déceler par la méthode de Gutzeit (noircissement d'un papier imprégné de chlorure mercurique). On avait pensé pouvoir former l'hydrure inconnu de bismuth, par voie sèche, en utilisant l'action de l'hydrogène actif, mais on n'a pu obtenir aucune preuve de l'existence de cet hydrure. En passant sur la surface du mercure pur, l'hydrogène actif forme une couche jaune brillant qui peut être de l'hydrure, mais qu'on n'a pas obtenue en quantité suffisante pour permettre l'analyse.

Une solution neutre de permanganate de potassium est réduite aussitôt par l'hydrogène actif à l'état de bioxyde de manganèse. Il n'a pas été cependant possible de réduire les matières colorantes organiques, telles que l'indigo ou le carmin.

Le passage de l'hydrogène à travers un serpentin immergé dans l'air liquide après l'action ionisante, mais avant le contact avec le soufre, fait disparaître la propriété de l'hydrogène actif d'attaquer le soufre, alors que l'action de l'air liquide avant l'ionisation est sans influence; il se peut d'ailleurs que l'hydrogène actif ne soit pas véritablement liquéfié, mais simplement absorbé par les parois de verre à basse température. Les expériences entreprises pour étudier l'action de la chaleur n'ont pas été concluantes : on a fait passer l'hydrogène sur une spirale de platine portée au rouge, puis dans un tube réfrigérant et enfin sur le soufre, mais il n'a pas été possible, dans un intervalle de temps inférieur à une minute, de porter le gaz à 600° et de le refroidir à une température suffisamment basse pour que l'hydrogène ordinaire n'attaque pas le soufre; à 200°, on sait que le soufre est attaqué notablement par l'hydrogène ordinaire.

Le mécanisme atomique du phénomène n'est pas encore éclairci. Les atomes d'hydrogène peuvent être transformés en d'autres atomes ou molécules par le bombardement direct des particules α, ou bien la forme nouvelle peut être le résultat de la brisure d'un agrégat de molécules qui se serait constitué autour d'un fragment moléculaire électrisé. Il est concevable qu'un tel agrégat déterminé par l'ionisation puisse devenir, au moment de la désintégration, beaucoup plus actif chimiquement que ne l'est la molécule normale. Aucune expérience ne permet jusqu'ici de rien décider là-dessus. Aussi la question demeure-t-elle ouverte de savoir si les rayons α donnent ou non naissance au composé H^3.

A. B.

§ 5. — Zoologie

La sériciculture en France. — Depuis une quarantaine d'années, la sériciculture périclite en France : la production de cocons, qui avait été de 11.400.000 kilogs en 1877, n'était déjà plus, en 1882, que de 9.711.079 kilogs. Depuis cette époque, elle n'a pas cessé de diminuer, malgré l'attribution de primes aux éleveurs de vers à soie. Les dernières récoltes marquent une véritable décadence :

En 1887,	on produisait	8.575.673	kilogs de cocons.
— 1892	—	7.680.169	—
— 1902	—	7.287.511	—
— 1912	—	6.233.942	—
— 1914	—	5.068.392	—
— 1915	—	1.727.326	—

Les plantations de mûriers se restreignent de plus en plus, et, partout où l'on peut se livrer à d'autres cultures, on arrache cet arbre ou on l'abandonne à lui-même, de sorte qu'il ne tarde pas à dépérir. Néanmoins, il en resterait encore assez pour élever beaucoup plus de vers à soie qu'on ne le fait actuellement. Il résulte d'une enquête faite en 1911 par le Ministère de l'Agriculture qu'à part quelques régions plutôt rares, la feuille de mûrier est partout en quantité supérieure aux besoins, et, malgré les dégâts causés par les maladies cryptogamiques et les tailles abusives, la production des mûriers existants dépassera longtemps encore les besoins de l'élevage.

La déplorable situation actuelle tient donc à d'autres causes, parmi lesquelles se placent, au premier rang, la rareté et la cherté de la main-d'œuvre; puis l'augmentation du prix du vin, qui fait abandonner des travaux moins lucratifs pour la culture de la vigne; enfin la concurrence faite à nos soies par celles de l'Extrême-Orient, et aussi par les fils de cellulose, vendus sous le nom de soies artificielles.

D'une manière générale, on peut dire que le prix de la main-d'œuvre a doublé depuis 30 ans, tandis que le prix des cocons a diminué. Ce prix atteignait parfois 8 francs le kilog avant 1872; depuis 1876, il est toujours resté inférieur à 5 francs et, actuellement, il n'est guère que de 4 francs, y compris la prime.

Les droits d'entrée dont les soies asiatiques sont frappées ne les empêchent pas d'être très recherchées par les filatures et les fabriques de tissus à bon marché. Quant au fil de cellulose, il peut être obtenu au prix de 6 francs le kilog, tandis que la belle soie grège coûte actuellement 44 francs, et les soies provenant de déchets (cocons percés, blaze, frisons, bassinés, etc.) valent encore 25 francs le kilog. L'écart est tel que, pour les tissus à prix modique ou les articles de fantaisie, le produit artificiel arrive aisément à supplanter le produit naturel. Aussi, la production du fil de cellulose s'est-elle singulièrement développée. Le *Moniteur des Soies* indiquait, le 26 octobre 1912, que plusieurs fabriques de velours recevaient jusqu'à 500 kilogs de soie artificielles par semaine. D'après le Rapport de M. Alfred Picard, président de la Commission permanente des valeurs en douane pour l'année 1911, la France fabrique 1.500.000 kilogs de soie artificielle, tandis que la moyenne de sa production en soie grège, pendant la période de 1906 à 1910, a été, pour l'ensemble de nos filatures, de 583.000 kilogs, et elle est tombée à 402.000 kilogs en 1911.

S'il est assez facile de préciser les causes du lamentable état présent de notre sériciculture, il est plus malaisé de trouver des moyens efficaces pour y remédier. Les primes accordées aux éleveurs n'ont pas donné de bien brillants résultats; il serait d'ailleurs peu équitable d'en relever le taux et de faire payer à l'ensemble des contribuables un encouragement à une catégorie qui peut trouver dans d'autres travaux un gain plus satisfaisant. La majoration des droits sur les soies asiatiques ne serait pas plus juste et aurait surtout pour résultat la hausse d'un article aujourd'hui

accessible aux classes les plus modestes. Et l'on peut en dire autant des mesures plus ou moins prohibitives proposées pour restreindre la vente de la soie artificielle.

Le seul moyen à tenter paraît être l'adoption de meilleures méthodes dans l'élevage des vers à soie, de manière à obtenir un rendement plus rémunérateur et à lutter plus efficacement contre la concurrence. M. A. Mozziconacci, directeur de la Station sericicole d'Alais, fait remarquer [1] qu'il n'y a pas de branche de notre agriculture qui soit plus sous l'influence de la routine et des préjugés que l'élevage des vers à soie. C'est ainsi que l'incubation de la graine se pratique encore, assez souvent, comme il y a un siècle, c'est-à-dire sous les vêtements pendant le jour et sous le traversin pendant la nuit. Les locaux affectés à l'élevage sont trop souvent insuffisants, et leur insalubrité est la cause fréquente de la flacherie et de la grasserie.

Il faudrait rompre avec ces méthodes surannées, et celle qui paraît la plus avantageuse est la méthode dite « à la Turque ». Dès 1870, Pasteur la préconisait en ces termes : « Dans plusieurs contrées sericicoles de l'Italie et de l'Autriche, on suit une pratique que je crois excellente pour améliorer la santé des vers et pour éviter, ou du moins pour diminuer les cas de flacherie. Elle consiste à donner aux vers la feuille en branches après la quatrième mue et quelquefois même aussitôt après la troisième. Cette méthode, qu'on connaît en France sous le nom de méthode à la Turque, mais qui n'y est jamais employée, ajoute singulièrement à l'aération des vers, à la surface qu'ils occupent, et contribue à leur donner une nourriture saine. » Les vers qui montent avec avidité sur ces branches ne courent jamais le risque de se gâter sur des litières plus ou moins fermentées, et il y a économie de main-d'œuvre, puisqu'on est dispensé de tout délitement. D'après M. P. Lafont, l'élevage aux rameaux permet d'économiser les deux tiers de la main-d'œuvre employée au ramassage de la feuille, à la distribution de la nourriture, etc.; en outre, on économiserait un tiers sur la consommation de la feuille, plus complètement mangée; enfin, il y aurait une économie de 50 % sur le matériel, l'expérience ayant montré qu'avec la méthode aux rameaux une surface moitié moindre est suffisante, car les vers se répartissent à diverses hauteurs sur les tiges.

§ 6. — Physique médicale

Une nouvelle méthode pour la délimitation des organes internes chez le vivant. — Les journaux médicaux anglais viennent de publier quelques détails sur une nouvelle méthode de délimitation des organes internes chez les blessés, qui fonctionne depuis plusieurs mois avec des résultats remarquables sur le front anglais en France. Cette méthode ne cherche pas à reproduire le contour des structures denses, comme les os, qu'on obtient facilement par l'examen ou la photographie aux rayons X, mais bien des organes mous, tels que le rein, le foie, les intestins, difficiles à repérer par les procédés connus.

La nouvelle méthode [2], due à un sergent du « Royal Army medical Corps », M. J. Shearer, repose sur l'emploi de deux champs électriques rigoureusement égaux et perpendiculaires traversant la région du corps à examiner. Pour les produire, on utilise deux électrodes métalliques, désignées sous le nom d'écran A et d'écran B, l'une disposée verticalement sur un piédestal mobile qui peut être placé à la même hauteur que le corps du patient et à son voisinage immédiat, l'autre suspendue par un fil le long duquel elle se déplace et maintenue horizontalement en l'air à 1 m. 20 ou 1 m. 50 au-dessus du centre de la première. Ces électrodes sont reliées à deux batteries électriques séparées, de même intensité, dont on peut faire varier à volonté le courant par des interrupteurs, mais d'une façon identique pour les deux batteries.

Lorsque les deux champs électriques alternatifs égaux ainsi créés se rencontrent en un point d'un organe, l'état électrique de cet organe influe, d'après l'auteur du procédé, sur le champ résultant, et cette influence se traduit par la production d'un faible courant électrique, qui peut être recueilli à l'écran B par un détecteur approprié et qui agit sur un style se déplaçant sur un cylindre enregistreur recouvert d'une feuille de papier enduite de cire. A mesure qu'on déplace l'écran B au-dessus de la région du corps du patient à examiner, le style trace sur la cire le contour des organes correspondants. L'enregistrement une fois obtenu est transformé en négatif photographique par les méthodes ordinaires.

L'explication de la méthode donnée par l'auteur laisse sans doute à désirer au point de vue scientifique, et il y a encore une très grande partie d'empirisme dans son fonctionnement. Ainsi la fréquence du courant doit varier suivant les tissus dont on veut enregistrer le contour : par exemple, on n'obtient la délimitation des vaisseaux sanguins qu'avec des courants à alternance très rapide, tandis que celle du cœur se réalise avec des courants de fréquence beaucoup plus faible.

Toujours est-il que l'auteur obtient, en des temps très courts de l'ordre d'une minute, des résultats vraiment extraordinaires, comme le montre la figure 1, qui représente le tracé obtenu dans l'examen du cerveau chez un blessé par projectile. Cette figure montre non le tissu cérébral même, mais les vaisseaux sanguins, et une grande tache irrégulière, qui est le siège de la lésion; au centre de celle-ci on observe, sur l'original, une petite marque qui est formée par un corps étranger. Les journaux anglais ont publié d'autres figures, tout aussi caractéristiques, du rein, du foie et de l'intestin porteurs de lésions par projectiles, et de l'appendice dans des cas d'appendicite.

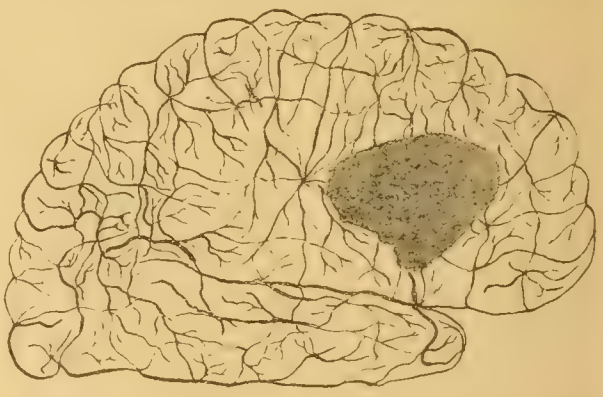


Fig. 1. — *Délimitation du cerveau, dans un cas de blessure par projectile.* — On aperçoit non le tissu cérébral même, mais les vaisseaux sanguins, et une grande tache irrégulière, qui est le siège de la lésion. (Dans le tracé original, les vaisseaux ressortent en blanc sur un fond noir.)

1. *La Situation de la Sericiculture en France, ses causes, ses remèdes.* Alais, 1913.

2. *British Medical Journal*, n° 2909, p. 459 et suiv.; 30 septembre 1916.

LA DISTILLATION DE LA HOUILLE DANS LE VIDE

Lorsqu'on songe au rôle que la houille joue dans le monde moderne, on est porté à croire que cette précieuse matière a été depuis longtemps l'objet d'une étude scientifique complète et définitive, et qu'en particulier en ce qui concerne sa nature chimique elle ne garde plus pour nous aucun de ses secrets. En fait, il n'en est rien; la chimie de la houille présente encore des lacunes considérables. Si nous connaissons avec précision la composition élémentaire et le pouvoir calorifique de chacune de ses variétés, si nous savons exactement quels sont tous les produits auxquels elle donne naissance lorsqu'on la porte au rouge, nous ignorons, en revanche, ce qu'elle est dans son état naturel et de quels corps organiques elle est formée.

Et cependant ces données importeraient beaucoup à la science et à l'industrie, car elles permettraient de résoudre nombre de questions importantes qui sont encore pendantes, et qui touchent, entre autres, à la genèse des charbons fossiles, à leurs relations avec les pétroles et les bitumes, aux transformations lentes auxquelles ils sont soumis dans le sol, à celles, plus rapides, qu'ils subissent pendant la cokéfaction, etc.

L'ignorance où nous sommes restés dans ce domaine ne doit toutefois pas être imputée à l'indifférence des chimistes; elle n'a sa source que dans l'insuffisance des moyens dont ils disposent. Pour séparer les constituants d'un mélange intime, ils ne possèdent, en effet, que deux procédés : la distillation fractionnée et l'action des dissolvants. Or ni l'un ni l'autre ne sont praticables dans le cas particulier, car la houille n'est pas volatile sans décomposition et ne se dissout facilement dans aucun liquide connu.

Malgré ces difficultés inhérentes au sujet, j'ai pensé que celui-ci méritait d'être repris, et qu'il serait possible de tourner quelques-uns des obstacles en modifiant convenablement les méthodes opératoires usitées jusqu'ici. J'ai donc entrepris, il y a quelques années déjà, et avec le concours de plusieurs collaborateurs, MM. L. Ramseyer, M. Bouvier, O. Kaiser et A. Labouchère, de nouvelles recherches sur la nature chimique de la houille. Ces recherches sont loin d'être terminées; leurs premiers résultats ont conduit cependant à quelques conclusions qui pourront paraître intéressantes; on me permettra donc de donner ici un rapide aperçu de l'état actuel de nos travaux[1].

I. — MÉTHODE DE RECHERCHE.

Nous avons été guidés dans nos premières expériences par les considérations suivantes. Lorsqu'on distille la houille à la pression atmosphérique, ainsi que cela se pratique dans les usines à gaz et dans les cokeries, il faut, pour en extraire toutes les parties volatiles, chauffer à des températures très élevées (800 ou 1.000°). Il est évident que, dans ces conditions, les produits que l'on recueille, et qui forment le gaz d'éclairage, les eaux ammoniacales et le goudron, ne sauraient être regardés comme préexistant dans la houille, ni même comme résultant de sa décomposition immédiate. Ils ont subi, du fait de la haute température à laquelle ils ont été portés, des modifications diverses et dont la nature nous échappe; on ne peut donc tirer de leur constitution chimique aucune indication sur celle des composés plus compliqués dont ils sont issus.

Comment éviter ces modifications ? Un seul moyen se présente à l'esprit : c'est d'opérer la distillation à une température beaucoup plus basse et à une pression très réduite.

Partant de cette idée, nous avons soumis à la distillation « dans le vide » quelques kilogrammes d'une houille grasse provenant de Montrambert (Loire). L'appareil, très simple, dont nous nous sommes servis, a été décrit ailleurs, et je n'y reviens pas. Nous avons trouvé que, à la pression de 15 mm. de mercure, la distillation débute vers 100° et qu'elle est entièrement terminée à 450°, c'est-à-dire peu au-dessus du point où elle commencerait si l'on opérait à la pression ordinaire. De plus, les produits que l'on obtient ont une tout autre nature; ce sont :

1° Des gaz. Le dispositif que nous avons adopté ne nous permettait, ni de les mesurer, ni d'en fixer la composition; nous avons seulement pu observer que leur odeur s'éloigne beaucoup de celle du gaz d'éclairage, pour se rapprocher de celle des butadiènes et de l'isoprène.

2° De l'eau (environ 1,6 % du poids du charbon) présentant une réaction acide et ne contenant pas d'ammoniaque.

3° Un goudron (environ 4 %), très différent du goudron ordinaire par son aspect et par toutes ses propriétés.

4° Un coke, plus léger, plus friable et plus facilement combustible que le coke usuel, et

1. Pour les détails expérimentaux, voir *Comptes rendus*, t. CLVII, p. 779 et 1436; t. CLX, p. 629, ainsi que les thèses de doctorat de MM. L. Ramseyer (Genève, 1911) et M. Bouvier (Genève, 1915).

ressemblant plutôt à celui que laisse la distillation du pétrole.

De ces produits, le plus intéressant nous paraissant être le goudron, nous l'avons étudié en premier lieu. Pour nous en procurer une quantité suffisante, nous nous sommes adressés à la Société pour l'Industrie chimique à Bâle, qui a bien voulu distiller dans le vide, à notre intention, une tonne et demie de la même houille de Montrambert, et nous a fourni une soixantaine de kilogs de goudron.

II. — Le goudron du vide.

Le goudron du vide, ainsi que nous l'avons appelé, est un liquide translucide, brun clair, et doué d'une légère fluorescence verte ; il est plus fluide que le goudron ordinaire et possède une odeur très différente, rappelant celle du pétrole. Au moment de sa préparation, il surnage l'eau qu'il a entraînée avec lui, mais il s'épaissit bientôt, fonce et augmente de densité ; au bout de trois jours, celle-ci est exactement égale à 1 ; elle s'élève encore dans la suite. Ce phénomène a lieu aussi bien à l'abri de l'air qu'en sa présence ; il n'est donc pas dû à une oxydation.

En connexion avec ce fait, on remarque que le goudron, agité peu après sa préparation avec une solution étendue de soude caustique, ne lui cède rien ; il ne contient donc pas de *phénols*. Mais ceux-ci apparaissent au bout d'un certain temps, et leur quantité augmente assez rapidement.

Traité par l'acide chlorhydrique dilué, le goudron du vide lui abandonne, en revanche, une petite quantité (environ 0,5 %) de composés de nature *basique*. Leur étude a été entreprise par M. Labouchère. Ces substances sont, les unes des bases secondaires, les autres des bases tertiaires ; elles appartiennent surtout aux séries hydropyridiques et hydroquinoléiques. Les deux seules qui aient été isolées jusqu'ici à l'état de pureté possèdent les formules $C^{10}H^{14}N$ et $C^{12}H^{15}N$, et constituent très probablement une dihydrométhylquinoléine et une dihydro-triméthylquinoléine.

Après ce double traitement à la soude et à l'acide chlorhydrique, le goudron du vide contient encore, ainsi que l'analyse élémentaire le montre, des composés oxygénés (environ 2 %). On peut les en retirer en faisant bouillir le liquide avec du sodium. Ces composés ont des propriétés d'*alcools*. MM. Bouvier et Kaiser ont pu isoler, par distillation fractionnée, quatre représentants bien définis de cette classe de corps ; ils répondent aux formules $C^7H^{14}O$, $C^8H^{16}O$, $C^9H^{18}O$ et $C^{10}H^{20}O$.

Le premier de ces alcools est saturé et constitue le *p-méthyl-cyclohexanol* (hexahydro-paracrésol). Les trois autres, qui forment une série homologue, appartiennent au groupe des alcools non saturés. Leur constitution n'a pas encore été établie ; nous avons seulement constaté qu'ils sont peu stables. Complètement insolubles au début dans les alcalis, ils y deviennent partiellement solubles au bout de peu de temps ; la solution se trouble lorsqu'on y dirige un courant de gaz carbonique, et l'on peut en retirer des corps ayant l'odeur et toutes les propriétés des phénols. Cette transformation, qui est probablement une isomérisation, donne la clef des phénomènes dont il a été question plus haut.

Une fois débarrassé des bases et des alcools, le goudron du vide n'est plus formé que d'un mélange d'*hydrocarbures*, dont les uns sont saturés et les autres ne le sont pas. Pour les séparer, nous nous sommes servis du procédé d'Edeleanu, qui est employé depuis quelques années dans le raffinage des pétroles. Il consiste à agiter le mélange, convenablement refroidi, avec deux fois son volume d'anhydride sulfureux liquide. Les carbures non saturés entrent seuls en dissolution et peuvent être récupérés par simple volatilisation du solvant. Les carbures saturés viennent surnager la solution sulfureuse, et sont séparés mécaniquement. Ce procédé, appliqué au goudron du vide, nous a donné d'excellents résultats et nous a permis de dédoubler très nettement notre produit en deux parties, l'une non saturée, l'autre saturée, la première ayant un volume à peu près double de la seconde.

Nous avons ensuite soumis ces deux parties à une série de distillations fractionnées de 2 en 2 degrés. Elles se comportent à peu près de même. La distillation commence à 120°, pour ne se terminer qu'à 350° ; il reste une faible quantité d'une matière noire de la consistance de l'asphalte.

Toutes les fractions, jusqu'à 300°, restent liquides après refroidissement ; aucune d'elles ne dépose de cristaux. Cela indique qu'il ne s'y trouve aucune quantité notable de naphtaline, d'anthracène ou d'autres carbures aromatiques solides. Nous en avons oxydé plusieurs au moyen du permanganate de potasse et nous n'avons obtenu que des acides de la série grasse (acétique, propionique, butyrique, oxalique). Il paraît donc bien certain que le goudron du vide, de même qu'il ne renferme pas de phénols, ne contient pas davantage d'hydrocarbures de la série aromatique.

Nous avons surtout étudié les fractions les plus basses. Ce sont des liquides, insolubles dans l'eau et volatils avec elle ; ils possèdent l'odeur

du pétrole et sont inactifs à la lumière polarisée. M. Bouvier a déterminé leur composition, leurs poids moléculaires, leurs densités et leurs indices de réfraction, et a réussi à fixer la constitution de quelques-uns d'entre eux en les convertissant en dérivés bromés ou nitrés déjà connus. Ses observations établissent la présence des composés suivants dans le goudron du vide :

Hydrocarbures saturés. Ils ont tous la même composition centésimale, correspondant à la formule générale C^nH^{2n}; ce sont donc des *cyclanes :*

C^9H^{18},	point d'ébullition	135-137° (hexahydro-mésitylène)
$C^{10}H^{20}$	»	172-174° (hexahydro-durène)
$C^{11}H^{22}$	»	189-191°
$C^{12}H^{24}$	»	211-213°
$C^{13}H^{26}$	»	227-229°
$C^{30}H^{60}$	»	218° à la pression de 0,5 mm.

Ce dernier hydrocarbure est solide à la température ordinaire et se dépose dans les dernières fractions (au-dessus de 300°). Il cristallise dans l'acétone en paillettes nacrées, fusibles à 62-63°. Nous l'avons trouvé identique au *mélène* que Brodie a retiré en 1849 des produits de la distillation sèche de la cire d'abeilles.

Hydrocarbures non saturés. Ont été isolés jusqu'ici à l'état de pureté : un dihydro-triméthylbenzène, C^9H^{14}, bouillant à 163-164°, et un hexahydrofluorène, $C^{13}H^{16}$, bouillant à 240-250°. Il est très probable, en outre, que les fractions inférieures contiennent les dérivés dihydrogénés du métaxylène, du mésitylène et du pseudocumène, car elles fournissent ces hydrocarbures par oxydation ménagée.

III. — Relations du goudron du vide avec le goudron ordinaire.

On voit que tous les constituants du goudron du vide dont nous avons pu déterminer la nature appartiennent à la série hydro-aromatique. Les composés aromatiques du goudron ordinaire sont remplacés, dans notre produit, par leurs *hydrures;* les homologues du benzène y font place à ceux du cyclohexane et du cyclohexadiène, les phénols à des alcools, les bases quinoléiques à leurs dérivés dihydrogénés.

On sait que ces hydrures, lorsqu'ils sont portés à une haute température, ont une tendance à perdre une partie de leur hydrogène pour se convertir en composés aromatiques plus stables. Il était donc permis de supposer qu'un phénomène de ce genre se passe dans les cornues à gaz, et que les hydrures du goudron du vide y prennent naissance en premier lieu, pour subir ensuite, à une température plus élevée, une déshydrogénation pyrogénée. Le goudron du vide représenterait alors un stade intermédiaire dans la formation du goudron ordinaire.

Cette supposition était facile à vérifier par l'expérience. Nous avons pris 200 gr. de goudron du vide à l'état brut, c'est-à-dire non encore débarrassé des alcools et des bases, et nous l'avons fait couler goutte à goutte dans un tube de fer chauffé au rouge vif, et préalablement rempli de morceaux de coke (afin de réaliser autant que possible les conditions des cornues à gaz). A l'autre extrémité du tube nous avons recueilli :

1° Des gaz (20-30 litres). Ceux-ci possèdent l'odeur du gaz d'éclairage et brûlent avec une flamme lumineuse ; ils sont formés d'hydrogène et de méthane, accompagnés d'un peu d'éthylène, mais pas d'acétylène.

2° De l'eau fortement chargée d'ammoniaque.

3° Un goudron ayant l'aspect et l'odeur du goudron ordinaire, et duquel nous avons pu retirer :

du benzène, du toluène et des xylènes,
des phénols,
un peu de naphtaline,
de l'anthracène,
des bases pyridiques.

Ce sont là les constituants principaux du goudron ordinaire. Leur absence ayant été dûment constatée dans le goudron du vide, l'hypothèse que nous avons émise nous semble justifiée : l'hydrogène et le méthane du gaz d'éclairage, l'ammoniaque des eaux du gaz, les phénols et les hydrocarbures aromatiques du goudron, ne sont point les produits immédiats de la distillation sèche de la houille. Ils ne se forment qu'à une température élevée, par décomposition d'autres composés volatils plus compliqués, et en particulier plus hydrogénés, qui ont pris naissance à une température plus basse.

Cette interprétation est en contradiction avec la théorie de Berthelot sur la formation du goudron de houille. On sait que cette théorie consiste à admettre que, lors de sa distillation, la houille se décompose entièrement en produits très simples : charbon, hydrogène, vapeur d'eau, ammoniac, méthane, éthylène, acétylène. Au contact des parois chaudes des cornues, les derniers de ces gaz, et notamment l'acétylène, subissent une série de polymérisations et de condensations qui donnent naissance aux divers hydrocarbures aromatiques du goudron. Celui-ci est ainsi un produit de synthèse.

Berthelot a basé cette théorie, non point sur une étude directe de la décomposition de la houille, mais sur les expériences de pyrogénation auxquelles il a soumis l'acétylène lui-même. Ces expériences, qui ont été répétées récemment sur une plus grande échelle, mais avec un résultat identique, par M. R. Meyer à Brunswick, ont

établi, comme on le sait, que l'acétylène se polymérise au rouge sombre en donnant du benzène, que les deux hydrocarbures peuvent s'unir à leur tour pour engendrer la naphtaline, et qu'enfin il est possible d'obtenir, au moyen de condensations pyrogénées du même genre, la presque totalité des carbures d'hydrogène que l'on trouve dans le goudron.

Quel que soit l'intérêt de ces synthèses, en doit-on déduire nécessairement qu'elles s'accomplissent dans les cornues à gaz? On ne pourrait y songer, me semble-t-il, que s'il était prouvé que la houille dégage, lorsqu'on la chauffe, de grandes quantités d'acétylène. Or cette preuve n'a, à ma connaissance, pas encore été faite.

Cet argument ne constituerait toutefois une objection sérieuse à la théorie de Berthelot que s'il était corroboré par des faits expérimentaux nouveaux. Peut-être trouvera-t-on que notre étude du goudron du vide apporte quelques-uns de ces faits, et que la nouvelle explication que je propose mérite de remplacer, dans une large mesure, celle qui a été admise jusqu'ici.

Je dis dans une large mesure, car mon interprétation me paraît devoir s'appliquer à la majeure partie des réactions qui se passent pendant la distillation de la houille, puisque celle-ci fournit à peu de chose près la même quantité (4 %) de goudron du vide que de goudron ordinaire. Cependant elle ne rend pas compte, je le reconnais, de la totalité de ces réactions. Ainsi, nous n'avons pu trouver, dans notre goudron du vide, aucun dérivé hydrogéné de la naphtaline. Cet hydrocarbure, si abondant dans le goudron ordinaire, doit donc avoir une autre origine que les autres, et il est fort possible qu'il prenne naissance par un processus synthétique du genre de ceux qu'admettait Berthelot. L'observation que voici me semble propre à éclairer ce point : nous avons trouvé qu'il se forme une quantité très notable de naphtaline lorsqu'on dirige les vapeurs du cyclohexane sur du coke chauffé au rouge (les vapeurs de benzène ne donnent dans ces conditions que du biphényle). Le cyclohexane rentrant dans la série des hydrocarbures saturés que nous avons retirés du goudron du vide, on pourrait voir dans cette réaction la source d'où découle la naphtaline du goudron ordinaire.

IV. — Relations du goudron du vide avec le pétrole.

Il a été fait allusion, dans les pages qui précèdent, aux analogies que le goudron du vide présente avec le pétrole. Ces analogies ne se font pas seulement remarquer dans les propriétés physiques des deux liquides; elles existent aussi dans leur composition chimique. Après avoir isolé la série des cyclanes mentionnés plus haut, nous avons, M. Bouvier et moi, comparé leurs propriétés à celles des naphtènes qui forment la partie essentielle de certains pétroles. Cette comparaison nous a montré que les naphtènes du pétrole de Bakou ne sont pas identiques aux cyclanes du goudron du vide; pour une même formule, ils ont une densité plus forte et un point d'ébullition plus élevé. En revanche, nous avons trouvé une concordance remarquable entre les propriétés de nos hydrocarbures et celles que M. Mabery[1] attribue aux naphtènes qu'il a retirés de certains pétroles de l'Amérique du Nord (Canada et Californie). Le tableau suivant permettra de se rendre compte de ce fait :

Tableau I. — Relations du goudron du vide avec le pétrole.

GOUDRON DU VIDE				PÉTROLES AMÉRICAINS				
Fraction	Formule	Densité	Indice de réfraction	Fraction	Formule	Densité	Indice de réfraction	Provenance
135-137°	C^9H^{18}	0,7590	1,4212	135°	C^9H^{18}	0,7591	—	Californie
172-174°	$C^{10}H^{20}$	0,7765	1,4196	173-174°	$C^{10}H^{20}$	0,7770	1,4149	Canada
189-191°	$C^{11}H^{22}$	0,7838	1,4234	189-191°	$C^{11}H^{22}$	0,7832	1,4231	Canada
211-213°	$C^{12}H^{24}$	0,7862	1,4293	212-214°	$C^{12}H^{14}$	0,7857	1,4289	Canada
237-229°	$C^{13}H^{26}$	0,7953	1,4379	228-230°	$C^{13}H^{26}$	0,7979	1,444	Canada

On ne peut douter, en considérant les données de ce tableau, que l'on ne se trouve ici en présence des *mêmes* hydrocarbures. J'ajoute que nous avons aussi pu retirer des dernières fractions de la distillation du pétrole de Galicie un carbure solide de la formule $C^{30}H^{60}$, qui s'est montré identique en tous points au mélène du goudron du vide.

1. *Journal of the American Chemical Society*, t. XIX, p. 470; t. XXV, p. 267 et 276; t. XXXIII, p. 264.

On constate ainsi ce fait inattendu que l'on peut retirer de la houille, par simple distillation, une série de composés qui font partie intégrante de certains pétroles. C'est la première fois, croyons-nous, que l'on trouve une relation d'ordre chimique entre les deux combustibles naturels.

V. — Relations du goudron du vide avec la houille.

Un point restait à élucider : les divers composés qui forment le goudron du vide existent-ils comme tels dans la houille, ou ne prennent-ils naissance qu'au cours de sa distillation ?

Pour pouvoir répondre à cette question, il était nécessaire de revenir à la méthode d'épuisement de la houille par des liquides appropriés. Nombreux sont les travaux qui ont déjà été faits à ce sujet; depuis Commines de Marcilly (1862), ils ont été poursuivis presque sans interruption jusqu'à nos jours, mais ils ont eu surtout pour but d'établir les pouvoirs d'extraction relatifs des différents solvants, et leurs auteurs n'ont réussi jusqu'ici à retirer des extraits aucun corps défini dont ils aient pu fixer la constitution, ou même la composition.

J'ai repris ces expériences avec MM. Ramseyer et Kaiser. Comme dissolvant, nous avons choisi le benzol. Nous avons opéré d'abord en petit sur la même houille de Montrambert qui avait servi à nos essais de distillation dans le vide. Plus tard, grâce à l'aide précieuse que nous a prêtée la maison F. Hoffmann, La Roche et Cie à Bâle, la même opération a pu être répétée sur une beaucoup plus grande échelle (avec 5 $^1/_2$ tonnes de houille), mais c'est alors un charbon de la Sarre (Maybach) qui a été mis en œuvre.

Dans les deux cas, la houille, concassée en morceaux de la grosseur d'un pois, a été traitée par le benzol bouillant pendant 4 jours dans des appareils du système Soxhlet. La solution a été ensuite fortement concentrée, puis additionnée de 5 fois son volume d'éther de pétrole (point d'ébullition 35-90°). Il se précipite une poudre brun clair, amorphe, que nous n'avons pas encore étudiée. Le dissolvant est ensuite chassé, en chauffant jusqu'à 100°. Il reste un liquide brun pâle, assez fluide, possédant une odeur de pétrole et une densité exactement égale à 1.000 à la température de 20°.

Les 5 tonnes traitées à Bâle ont fourni 2,7 kilogs de substance solide, et 10,6 kilogs d'extrait liquide; le rendement total est donc de 0,25 %.

L'extrait liquide provenant de la houille de Montrambert a été surtout étudié au point de vue des substances les moins volatiles qui y sont contenues. Sans entrer dans plus de détails sur cette partie de notre étude, je dirai seulement que nous avons pu en retirer le même hexahydrofluorène $C^{13}H^{16}$ et le même mélène $C^{30}H^{60}$ que du goudron du vide.

Quant à l'extrait liquide de la houille de la Sarre, dont nous avions entre les mains une beaucoup plus grande quantité, nous nous sommes, au contraire, attachés à en étudier les parties les plus volatiles. Cet extrait ne possède pas seulement l'odeur et la densité du goudron du vide, mais aussi une composition très voisine. Il est formé, comme lui, et dans des proportions semblables, d'hydrocarbures saturés et non saturés, accompagnés d'environ 2 °/₀ d'alcools et de bases. Pour séparer ces corps, nous avons procédé exactement comme nous l'avions fait précédemment, c'est-à-dire par des traitements successifs à l'acide chlorhydrique, au sodium et à l'anhydride sulfureux liquide, puis par des distillations fractionnées.

Les hydrocarbures définis que nous avons isolés jusqu'ici sont les suivants. M. Kaiser a pu déterminer la constitution des trois premiers en les transformant en dérivés nitrés ou bromés connus, et établir l'identité des trois derniers avec les cyclanes de mêmes formules retirés du goudron du vide et du pétrole du Canada.

Hydrocarbures non saturés

C^7H^{10}.	Point d'ébull.	108-110°.	Dihydro-toluène
C^8H^{12}	»	135-137°.	Dihydro-métaxylène
C^9H^{14}	»	166-168°.	Dihydro-mésitylène
$C^{10}H^{16}$	»	180-182°.	Dihydro-prehnitol (?)
$C^{11}H^{16}$	»	200-202°.	—
$C^{14}H^{16}$	»	236-238°.	—
$C^{13}H^{12}$	»	251-254°.	Dihydro-fluorène (?)

Hydrocarbures saturés

C^8H^{16} (?)	Point d'ébull.	118-122°	L'analyse nous a donné des chiffres un peu trop élevés pour l'hydrogène, ce qui indique la présence d'une faible proportion de carbures en C^nH^{2n+2}.
C^9H^{18} (?)	»	135-138°	
$C^{10}H^{20}$ (?)	»	172-174°	
$C^{11}H^{22}$	»	190-192°	Identiques en tous points aux hydrocarbures de mêmes formules retirés du goudron du vide et du pétrole du Canada.
$C^{12}H^{24}$	»	215-216°	
$C^{13}H^{26}$	»	227-229°	

On voit donc que l'on peut extraire de la houille au moyen du benzol bouillant (80°) une série d'hydrocarbures qui sont, ou identiques, ou très analogues à ceux que fournit la distillation dans le vide. Cette dernière opération ne les sépare donc que par simple volatilisation, et l'on peut être assuré qu'une partie tout au moins des composants du goudron du vide existent tout formés dans la houille.

Celle-ci apparaît donc comme une matière hydrocarbonée solide, imprégnée d'un liquide chimiquement très voisin du pétrole. Que ce liquide ait pris naissance par une lente décomposition de la masse solide, c'est ce qui paraît probable lorsqu'on se reporte à la formation de grisou que l'on constate dans tous les gisements de houille, ainsi qu'à l'existence des sources de gaz naturels qui sont situées parfois à proximité de ces gisements. Grisou et gaz naturels sont des mélanges d'hydrocarbures. Il est permis de concevoir qu'à côté de ces produits gazeux la décomposition spontanée de la houille puisse en engendrer d'autres, de même nature chimique, mais qui, à la température ambiante, sont liquides et peu volatils. Ils resteront nécessairement emprisonnés dans la masse solide, d'où la distillation dans le vide, ou même un simple lavage au benzol, pourront les retirer.

On pourrait même faire un pas de plus, et rattacher l'origine des gisements actuels de pétrole à une décomposition de ce genre qui serait arrivée à son terme. Mais cette idée rencontre de nombreuses objections d'ordre géologique; sa discussion, dans l'état actuel de nos connaissances, serait prématurée; je préfère donc ne pas l'entamer ici et me borner à ce court résumé des recherches expérimentales que nous avons faites, mes collaborateurs et moi, sur la houille elle-même. Je crois devoir m'abstenir aussi pour le moment d'envisager les applications industrielles que notre procédé pourrait recevoir; elles apparaîtront mieux lorsque nos recherches seront plus avancées.

Amé Pictet,
Professeur de Chimie à l'Université de Genève.

LE MOUVEMENT BROWNIEN
DES PARTICULES ÉLECTRISÉES DANS LES GAZ
ET LA CHARGE DE L'ÉLECTRON

Un des problèmes d'ordre purement scientifique qui paraît susciter actuellement quelque intérêt parmi les physiciens est celui de la détermination exacte du nombre d'Avogadro, c'est-à-dire du nombre des molécules que renferme la masse moléculaire d'un corps pur. Après les brillants travaux, aujourd'hui classiques, de M. Jean Perrin[1], la question pouvait sembler résolue. Il n'en est rien. Le chiffre obtenu par le dénombrement direct des sphérules de gomme-gutte en suspension dans un liquide et par l'observation de leur mouvement brownien est considérablement plus grand que celui qui résulte de l'étude du rayonnement noir. Il fallait cependant que deux méthodes également bien fondées au point de vue théorique et à peu près également précises conduisent à des résultats concordants pour pouvoir conclure à une confirmation de la théorie cinétique et à une preuve de la réalité des molécules[2].

Le nombre d'Avogadro se rattache à une autre constante physique, connue avec une très grande précision, à la quantité d'électricité nécessaire pour libérer par électrolyse 1 atome-gramme d'un métal monovalent. On doit avoir :

$$Ne = 2{,}895 \times 10^{14} \text{ unités électrostat.} \qquad (1)$$

N représentant le nombre d'Avogadro et e la charge de l'ion électrolytique monovalent. Or si l'on introduit l'hypothèse, justifiée par l'énorme majorité des faits établis, que cette charge est une constante universelle, on peut utiliser la valeur de la charge élémentaire des ions gazeux, soit celle de l'électron, connue actuellement avec une très grande précision, pour le calcul du nombre N. On trouve ainsi :

$$N = 6{,}06 \times 10^{23}, \qquad (2)$$

nombre considérablement inférieur à :

$$N = 6{,}85 \times 10^{23} \qquad (3)$$

qui résulte des travaux de M. Perrin.

Ce désaccord serait assez important par lui-même pour ébranler notre confiance dans les bases de la théorie moléculaire, mais les déterminations de la charge élémentaire e amènent à des divergences bien plus frappantes encore. Tandis que, d'une part, les observations faites au moyen de sphérules d'huile, de mercure et de gomme-laque maintenues en suspension dans un gaz fournissent des nombres remarquablement concordants conduisant à la valeur (2) du nombre

1. J. Perrin : *Ann. de Ch. et de Phys.*, sept. 1909, p. 1-114. — Les preuves de la réalité moléculaire. *Soc. franç. de Phys.* Confér. faites en 1912, p. 1-53.

2. D'après un travail récent de Costantin publié dans les *Ann. de Phys.*, 1915, t. III, p. 101, les méthodes de M. Perrin pouvaient être sujettes à une cause d'erreur (l'influence des parois) qui devait conduire à un résultat trop élevé.

d'Avogadro, qui s'accorde du reste avec le chiffre déduit de l'étude du rayonnement noir, M. J. Roux[1], en effectuant exactement les mêmes observations à l'aide de globules de soufre surfondu, a obtenu un résultat qui semble confirmer la valeur (3) indiquée par M. Perrin.

Enfin, M. F. Ehrenhaft[2] et plusieurs autres observateurs, qui ont utilisé dans le même but des particules métalliques produites dans l'arc voltaïque, arrivent à des résultats complètement différents. Ces auteurs nient l'existence d'une charge élémentaire et admettent que la quantité d'électricité portée par une sphérule diminue indéfiniment avec le rayon, soit avec la capacité électrique de la sphérule[3]. Avec raison, M. Perrin[4] a objecté aux conclusions de M. Ehrenhaft que toute son argumentation repose sur la supposition d'une forme sphérique des particules, supposition qui n'est justifiée par aucune preuve expérimentale. M. Ehrenhaft a essayé de répondre à cette objection en répétant les mêmes expériences avec des particules de mercure, également pulvérisées dans l'arc voltaïque; celles-ci, en raison de leur état liquide, devraient nécessairement affecter une forme sphérique. Ce savant même et un de ses élèves, M. D. Konstantinowsky[5], ont de plus étudié le mouvement brownien de leurs particules (particules de mercure et d'or). Cette étude les amène à nier les lois du mouvement brownien établies par Einstein[6], formant le fondement des recherches de M. Perrin. Ainsi les bases mêmes de la théorie moléculaire nous échappent et tout l'édifice s'écroule.

A l'opposé, les recherches de M. H. Fletcher[7] et de M. C. F. Eyring[8] sur le mouvement brownien dans les gaz, effectuées au moyen de gouttes d'huile, confirment, à quelques divergences théoriques de faible importance près[9], la théorie d'Einstein et conduisent à la valeur (3) du nombre d'Avogadro, qui s'accorde avec le résultat des meilleures déterminations de la charge élémentaire.

1. J. Roux : *C. R.*, 1911, t. CLII, p. 1168; 1912, t. CLV, p. 1490. *Ann. de Ch. et de Phys.*, 1913, t. XXIX, p. 69.
2. F. Ehrenhaft : *Phys. Zeitschr.*, 1910, t. XI, p. 490.
3. F. Ehrenhaft : *Wien. Ber.*, IIa, janv. 1914, t. CXXIII, p. 53.
4. J. Perrin : *C. R.*, 1911, t. CLII, p. 1666.
5. D. Konstantinowsky : *Wien. Ber.*, IIa, 1914, t. CXXIII, p. 1697.
6. A. Einstein : *Ann. der Phys.*, 1905, t. XVII, p. 559; 1906, t. XIX, p. 371.
7. H. Fletcher : *Phys. Rev.*, 1911, t. XXXIII, p. 92. *Radium*, 1911, p. 279. *Phys. Rev.*, 1914, [2], t. IV, p. 440.
8. C. F. Eyring : *Phys. Rev.*, 1915 [2], t. V, p. 412.
9. M. Fletcher utilise pour le calcul des résultats une formule qui ne dérive pas rigoureusement de la théorie d'Einstein, mais qui s'accorde avec celle-ci en première approximation.

Ayant eu l'occasion d'approfondir ces problèmes au cours de recherches expérimentales effectuées pendant ces dernières années au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève, je voudrais apporter dans le présent article quelques éclaircissements sur cet ensemble de faits contradictoires en apparence.

I. — La loi de Stokes-Cunningham.

La méthode de détermination directe de la charge élémentaire des ions gazeux de J. J. Thomson et H. A. Wilson[1] a subi des modifications heureuses de la part de F. Ehrenhaft[2] et surtout de la part de R. A. Millikan[3]. On peut maintenant observer facilement pendant des heures une même particule chargée, maintenue en suspension dans un gaz entre les deux plateaux d'un condensateur, en opposant à l'action de la pesanteur celle d'un champ électrique d'une intensité appropriée. Si l'on détermine d'une part la vitesse de chute de la particule, obéissant à l'action du poids, et d'autre part sa vitesse d'ascension dans un champ électrique d'une intensité déterminée, on peut calculer la valeur absolue de la charge de la particule, à condition de connaître la loi de la résistance que subit la particule en mouvement à l'intérieur du milieu gazeux. La loi hydrodynamique de la résistance qu'oppose un fluide au mouvement d'une sphère a été établie par Stokes[4]. La résistance est proportionnelle à la vitesse, au rayon de la sphère et au coefficient de viscosité du gaz. Cependant, cette loi ne s'applique pas à des sphères de grande masse dont la vitesse limite est considérable, car alors la résistance n'est pas une fonction linéaire de la vitesse; elle ne s'applique non plus à des sphérules microscopiques ou ultramicroscopiques. La résistance est, dans ce cas, bien proportionnelle à la vitesse, mais elle ne dépend plus exclusivement du coefficient de viscosité, et il faut faire intervenir pour le calcul de la résistance des considérations empruntées à la théorie cinétique des gaz. M. E. Cunningham[5] a réussi à trouver une formule théorique qui renferme le même facteur que la loi de Stokes, divisé par la quantité

$$1 + \frac{A\iota}{a},$$

1. J. J. Thomson : *Phil. Mag.*, 1898, t. XLVI, p. 528; 1899 t. XLVIII, p. 547; 1903, t. V, p. 346. H. A. Wilson : *Ibid.* 1903, t. V, p. 429.
2. F. Ehrenhaft : *Wien. Ber.*, IIa, mars 1909, t. CXVIII, p. 321.
3. R. A. Millikan : *Phys. Rev.*, 1911, t. XXXII, p. 349; *Ibid.*, 1913 [2], t. II, p. 109.
4. G. G. Stokes : Math. and Phys. Papers, t. III, p. 59.
5. E. Cunningham : *Proc. Roy. Soc. London*, 1910, t. LXXXIII, A, p. 357-365.

l étant le chemin moyen des molécules du gaz et a le rayon de la sphérule. Le coefficient A dépend de la nature des chocs entre les molécules gazeuses et la surface de la sphère; il doit être déterminé expérimentalement. Suivant que le choc serait plutôt mou ou élastique, A aurait des valeurs comprises entre 0,815 et 1,63. Cette formule théorique, vérifiée notamment par les recherches expérimentales de MM. Knudsen et Weber[1], s'applique avec beaucoup de précision même à des sphérules ultramicroscopiques; on la nomme habituellement la loi de Stokes-Cunningham. Le choix de la valeur adoptée pour A influe très sensiblement sur le résultat, même pour les plus grosses sphérules utilisées pour la détermination de e, mais l'importance de A devient énorme pour les plus petites.

Ainsi, M. Millikan, qui a observé des gouttes relativement grandes, admit dans ses premières recherches sur la charge de l'électron la valeur $A = 0,815$ et obtint ainsi :

$$e = 4,891 \times 10^{-10} \text{ unités électrostat.,}$$

chiffre qu'il fallut abaisser ensuite à

$$e = 4,774 \times 10^{-10} \qquad (4)$$

après avoir établi par des déterminations directes la valeur :

$$A = 0,875. \qquad (5)$$

Si M. J. Roux (*l.c.*) trouve avec des sphérules de soufre surfondu un chiffre voisin de $4,2 \times 10^{-10}$, cela tient en partie à la valeur extrême $A = 1,63$ qu'il a adoptée pour le calcul de la charge des sphérules. Il est à remarquer que M. Roux a déterminé expérimentalement la valeur de A en comparant la vitesse de chute d'une même sphérule dans l'air et dans un liquide, mais ces déterminations ont dû être influencées par une cause d'erreur quelconque[2]. Une valeur aussi élevée du coefficient A est invraisemblable théoriquement pour beaucoup de raisons, et de plus contredite par les observations de Millikan (*l. c.*), par celles de Knudsen et Weber (*l. c.*), par les expériences de Mc Keehan[3] et par les nôtres[4]. Enfin, M. Silvey[5] a répété dernièrement les expériences de M. Roux avec des gouttes de mercure et il a obtenu une valeur de A bien plus petite.

Mentionnons encore que des recherches récentes de MM. Millikan, Barber et Ishida[6] conduisent à une valeur de A qui est inférieure à la valeur (5). On peut cependant affirmer que la valeur (4) de la charge élémentaire est certainement très proche de la vérité. Le nombre N qu'on en déduit se trouve confirmé, du reste, par les résultats des différents observateurs qui ont étudié récemment le mouvement brownien dans les liquides.

1. M. Knudsen et S. Weber : *Ann. der Phys.*, 1911, t. XXXVI, p. 981.
2. Nous signalerons plus loin une cause d'erreur possible concernant les globules de soufre.
3. Mc Keehan : *Phys. Rev.*, 1911, t. XXXIII, p. 153.
4. A. Schidlof et J. Murzynowska : *Archives des Sc. phys. et nat.* (Genève), t. XL, nov. et déc. 1915. — A. Schidlof et A. Karpowicz : *Ibid.*, t. XLI, février 1916.
5. O. W. Silvey : *Phys. Rev.*, 1916 [2], t. VII, p. 87, 106.
6. Millikan, Barber et Ishida : *Phys. Rev.*, 1915 [2], t. V, p. 334.

II. — La question des sous-électrons.

Les recherches récentes fournissent ainsi un accord de plus en plus satisfaisant concernant la valeur du nombre d'Avogadro et la charge de l'électron. D'autant plus surprenante est la divergence entre les résultats de ces recherches et ceux de M. Ehrenhaft qui a employé en apparence la même méthode. En particulier, les gouttes de mercure utilisées par cet auteur semblent échapper à l'objection de M. Perrin; on ne voit pas pourquoi de pareilles gouttes ne seraient pas sphériques au même titre que des gouttes d'huile. Or les observations de M. Ehrenhaft fournissent dans certains cas des charges qui sont *un vingtième* de celle de l'électron, et elles formeraient un argument sérieux contre l'existence de « l'atome de l'électricité » si l'on n'avait pas de preuves que les particules utilisées par cet auteur n'étaient pas composées de mercure pur.

A peu près simultanément avec M. Ehrenhaft, j'ai étudié en collaboration avec M. A. Karpowicz[1] les charges portées par des gouttes ultramicroscopiques de mercure; mais, au lieu de pulvériser le mercure dans l'arc voltaïque, comme l'a fait M. Ehrenhaft, nous avons eu recours à un procédé de pulvérisation mécanique analogue à celui qui a servi à produire les gouttes d'huile.

Nous avons fait à cette occasion la constatation curieuse que les gouttes de mercure sont *volatiles*[2]; leurs durées de chute augmentent continuellement et indéfiniment et en même temps les durées d'ascension diminuent. Or les particules de mercure observées par M. Ehrenhaft étaient *absolument invariables*. Cela prouve que la pulvérisation électrique, même dans un gaz réputé inerte, tel que l'azote ou l'anhydride carbonique, modifie la nature chimique des corps. Il est certain dès lors que la structure physique subit en même temps des modifications importantes. La matière mal définie qu'on obtient par la pulvérisation électrique du mercure n'obéit certainement plus aux mêmes lois de tension superficielle qu'un liquide. De cette manière,

1. A. Schidlof et A. Karpowicz : *l. c.*
2. A. Schidlof et A. Karpowicz : *C. R.*, 29 juin 1914, t. CLVIII, p. 1992.

toutes les anomalies observées par M. Ehrenhaft s'expliquent très simplement.

Que la pulvérisation électrique ne permet dans aucun cas d'obtenir des sphérules, cela ressort nettement des expériences de MM. E. Meyer et W. Gerlach[1] sur la loi de résistance de chute à différentes pressions s'appliquant à une même particule de platine produite par pulvérisation électrique. Enfin une étude comparative des particules de mercure pulvérisées mécaniquement et dans l'arc voltaïque, faite par M. A. Targonski[2], a mis en évidence les différences profondes qui existent entre les deux espèces de petits corps. Le tableau suivant, emprunté à son mémoire, permet de se rendre compte de ces différences :

Mercure pulvérisé mécaniquement	Mercure pulvérisé dans l'arc
Electrons de Millikan	*Sous-électrons*
La charge ne dépend pas du rayon.	La charge diminue avec le rayon.
Les charges calculées d'après le mouvement brownien ne diffèrent pas de celles calculées d'après la formule de Stokes-Cunningham.	Les deux méthodes conduisent à des résultats absolument différents.
Masse et densité moyenne variables.	Masse et densité moyenne invariables.
La « mobilité » (c'est-à-dire l'inverse du coefficient de résistance) des particules croît si le rayon diminue.	La « mobilité » des particules décroît si le rayon diminue.

Il est dès lors certain que la forme de ces particules n'est pas sphérique et que leur densité n'est pas celle du métal pur. Toutes les conséquences tirées de la loi de Stokes-Cunningham sont par conséquent illusoires.

III. — Expériences faites avec des particules d'étain et de cadmium.

Nous avons essayé de nous rendre compte s'il y a, en général, quelque possibilité d'obtenir des particules métalliques solides d'une forme sphérique[3]. La pulvérisation d'un métal dans l'arc voltaïque ne pouvant conduire au but visé, nous avons eu recours à d'autres modes de production. Nous avons étudié plus spécialement les deux procédés suivants : soit la pulvérisation mécanique de l'étain fondu dans un gaz inerte (azote), soit la condensation dans de l'hydrogène (plus ou moins pur) des vapeurs de cadmium. Aucun de ces procédés n'a fourni des résultats vraiment satisfaisants. Toutefois, si l'on pulvérise de l'étain dans une atmosphère d'azote absolument pur, la nature chimique du métal n'est pas altérée, et si l'on a soin alors de prévenir autant que possible le refroidissement brusque du corps fondu, on peut obtenir des particules d'étain *presque* sphériques ; mais le procédé ne réussit que par hasard. Nous n'avons pu trouver de méthode permettant d'obtenir à coup sûr des sphérules métalliques solides et la majeure partie des corpuscules observés montrent des déformations plus ou moins considérables.

On peut se demander si les particules de soufre surfondu de M. Roux étaient vraiment tout à fait sphériques. Le refroidissement brusque des particules pulvérisées semble toujours provoquer des changements de forme. Cela permettrait d'expliquer complètement la valeur manifestement trop faible de e obtenue par ce savant.

Nous ne pouvons discuter ici les causes d'erreur multiples auxquelles est sujette cette méthode délicate de la détermination de la charge de l'électron. On est exposé à des perturbations assez difficiles à éviter, même si l'on utilise des liquides pulvérisés. A côté des changements de la densité moyenne des gouttes causés par des poussières, il faut mentionner la volatilité de la plupart des liquides, que M. Millikan a su éviter si heureusement en employant de l'huile, et la formation de couches gazeuses d'absorption à la surface des gouttes dont nous discuterons prochainement l'influence.

Toutefois que ces causes d'erreur ne peuvent modifier que les dernières décimales du résultat, et pour trouver de véritables « sous-électrons » il faut avoir recours à la pulvérisation des métaux fondus, de préférence dans l'arc voltaïque, les modifications de structure étant probablement d'autant plus considérables que le changement de température est plus grand et plus brusque.

IV. — Le mouvement brownien dans les gaz.

Avec ce qui vient d'être dit sur l'application injustifiée de la loi de Stokes-Cunningham aux particules pulvérisées dans l'arc voltaïque, la question des sous-électrons n'est pas encore complètement résolue. M. Ehrenhaft et son élève, M. D. Konstantinowsky, ont eu recours à un autre procédé de détermination de la charge élémentaire, qui en apparence élimine la question épineuse de la structure des particules.

Le coefficient de la résistance qu'oppose le milieu au mouvement des particules peut être déterminé, indépendamment de la loi de Stokes-Cunningham, par l'observation du mouvement brownien des particules. L'inverse du coefficient de résistance s'appelle la « mobilité ». Celle-ci présente la signification de la vitesse que prend

1. E. Meyer et W. Gerlach : *Arbeiten aus dem Geb. d. Phys. Math. Chem. Elster und Geitel gewidmet*, 1915.

2. A. Targonski : *Archives des Sc. phys. et nat.* (Genève), t. XLI, mars, avril, mai 1916.

3. A. Schidlof et A. Targonski : *C. R.*, t. CLXII, p. 788 ; 22 mai 1916.

la particule sous l'influence d'une force égale à l'unité. Or le carré moyen des déplacements browniens effectués en une seconde par une particule quelconque est proportionnel à la mobilité de la particule; le coefficient de proportionnalité, qui ne dépend que de constantes universelles et de la température, résulte de la théorie d'Einstein. Cette méthode a été employée pour la première fois par M. E. Weiss [1], puis par M. H. Fletcher [2]; enfin M. Ehrenhaft et M. Konstantinowsky l'ont utilisée pour donner une preuve irréfutable de l'existence des sous-électrons. La méthode diffère quelque peu de celle que M. Perrin a utilisée pour la détermination du nombre d'Avogadro. Au lieu d'observer le déplacement brownien d'une particule suspendue, on détermine les fluctuations statistiques de la vitesse du mouvement de la particule. MM. Ehrenhaft et Konstantinowsky étudient indifféremment le mouvement de chute ou d'ascension du corps chargé; mais M. A. Targonski [3] a prouvé que les variations des durées d'ascension sont sujettes à des perturbations électriques très graves. Il faut donc éviter de les prendre en considération et s'en tenir aux fluctuations *qu'on observe en dehors de toute action du champ électrique.*

De l'aveu même de M. Konstantinowsky, l'étude du mouvement brownien ne fournit pas des indications bien nettes en ce qui concerne l'existence des sous-électrons. Si l'on obtenait de cette façon des résultats qui confirment ceux déduits de la loi de Stokes-Cunningham, on pourrait essayer d'en tirer des conclusions; mais en réalité on trouve, pour les particules pulvérisées dans l'arc voltaïque, des résultats absolument contradictoires. La mobilité, au lieu d'augmenter pour les plus petites particules, diminue de plus en plus. Ce résultat n'est paradoxal qu'en apparence et s'explique par le fait que les plus petites particules sont celles dont la structure a subi les plus grandes modifications, mais pour M. Ehrenhaft et pour ses élèves, qui admettent que leurs particules sont sphériques et d'une densité connue, ce fait prouve que la théorie d'Einstein du mouvement brownien est inexacte.

Il est inutile de revenir sur cette question, suffisamment élucidée par ce qui vient d'être dit; nous nous occuperons donc exclusivement des résultats tirés de l'étude des fluctuations browniennes des durées de chute.

En étudiant l'ensemble des données numériques obtenues d'après cette méthode avec des particules métalliques, M. A. Targonski [1] a constaté qu'on trouve ainsi pour la charge élémentaire des chiffres inférieurs de 30 à 40 % au nombre obtenu par M. Millikan et il a remarqué, de plus, *que la valeur de la charge élémentaire devient d'autant plus exacte que le rapport entre le chemin moyen des molécules du gaz et les dimensions de la particule est plus grand.* Cela pourrait faire croire que la théorie d'Einstein est défectueuse, mais on peut également admettre que les lois théoriques sont exactes, le mode d'observation, par contre, sujet à des causes d'erreur. Ces causes d'erreur devraient présenter un caractère statistique et elles devraient perdre leur importance relative lorsque le mouvement brownien de la particule étudiée est suffisamment intense.

V. — Le critérium de la « constance de la mobilité ». Travaux de M. E. Schrödinger et de M. M. von Smoluchowski.

Avant d'examiner de plus près cette question, il est indispensable d'approfondir la théorie de la méthode d'observation. Elle est basée sur l'application des lois de probabilité aux fluctuations statistiques observées. Or il ne semble pas qu'on soit autorisé à appliquer des procédés statistiques si le nombre des cas étudiés n'est pas suffisamment grand; mais à partir de quel nombre d'observations l'application de la théorie est-elle permise?

M. Ehrenhaft a cru pouvoir tourner la difficulté en introduisant le critérium de la « constance de la mobilité ». Il calcule le carré moyen du déplacement brownien par seconde successivement pour 10, 15, 20, 25 observations, et ainsi de suite. Il arrive de cette manière rapidement à des chiffres constants, et il en conclut que le nombre des observations est suffisant pour donner au résultat la précision voulue. En réalité, cet argument ne prouve absolument rien [2]. Du reste, dans un travail remarquable, M. E. Schrödinger [3] a calculé la précision probable du résultat. L'erreur relative probable s'exprime par :

$$\sqrt{\frac{2}{m}},$$

m étant le nombre des observations. L'erreur probable est donc de 20 % pour $m = 50$, de 14, 2 % pour $m = 100$, et ainsi de suite.

Les séries d'observations relativement courtes qu'a faites M. Ehrenhaft n'ont donc qu'une faible

1. E. Weiss : *Wien. Ber.*, IIa, juillet 1911, t. CXX, p. 1021.
2. H. Fletcher : *l. c.*
3. A. Targonski : *Archives des Sc. phys. et nat.*, l. c.

1. A. Targonski : *C. R.*, 20 déc. 1915, t. CLXI, p. 778.
2. Voir A. Targonski : *Arch. des Sc. phys. et nat.*, *l. c.*
3. E. Schrödinger : *Phys. Zeitschr.*, août 1915, t. XVI, p. 289.

précision et ne permettent pas de calcul tant soit peu sûr de la charge de l'électron. M. Konstantinowsky a fait un plus grand nombre d'observations, qui conduisent à un chiffre quelque peu inférieur à la valeur exacte de e; les raisons de ce désaccord seront examinées plus loin.

Il est à noter que seules les particules métalliques et particulièrement celles qu'on obtient par pulvérisation électrique conduisent à des chiffres trop petits. M. H. Fletcher[1] et M. C. F. Eyring[2] ont fait un très grand nombre d'observations du mouvement brownien des gouttes d'huile dans des gaz raréfiés et ont obtenu des valeurs de la charge élémentaire remarquablement rapprochées du nombre de Millikan. Ces auteurs, ainsi que M. Konstantinowsky, utilisent pour le calcul des résultats une formule due à M. Fletcher, basée sur un raisonnement inexact. M. Schrödinger et à peu près simultanément M. von Smoluchowski[3] ont fait la théorie rigoureuse de la méthode et ont prouvé que les formules utilisées au début par M. Weiss sont correctes et que la modification proposée par M. H. Fletcher doit être abandonnée.

Disons toutefois que les termes de correction employés par M. Fletcher, dont le premier du reste est juste, influent peu sur la valeur du résultat.

Il s'agit là de simplifications de calcul à peu près inoffensives. Les remarques de M. Schrödinger et de M. von Smoluchowski n'infirment donc pas les résultats numériques de MM. Fletcher et Eyring.

VI. — Recherches faites au laboratoire de physique de l'université de Genève.

Il subsiste néanmoins la difficulté suivante : les chiffres résultant de l'étude du mouvement brownien des particules métalliques pulvérisées dans l'arc sont notablement inférieurs à la valeur réelle de la charge de l'électron, et quoique cette divergence ne suffise pas pour justifier l'hypothèse des sous-électrons, elle peut cependant conduire à émettre des doutes sur la validité des lois admises du mouvement brownien dans les gaz. Dans le but d'élucider cette question, nous avons étudié concurremment le mouvement brownien des gouttes d'huile et des particules métalliques pour découvrir si possible la cause de ces divergences[4].

1. H. Fletcher : *l. c.*
2. C. F. Eyring : *l. c.*
3. M. von Smoluchowski : *Phys. Zeitschr.*, 1915, t. XVI, p. 318.
4. A. Schidloi et A. Targonski : *l. c.*

Il est assez pénible de réunir un nombre d'observations isolées suffisamment grand pour permettre la discussion approfondie des résultats. Craignant de diminuer trop la précision des observations individuelles, nous n'avons pas voulu utiliser, à l'instar de MM. Fletcher et Eyring, une distance de chute subdivisée en intervalles de faible étendue, mais nous avons toujours observé la chute sur une longueur de 0,5 mm. au moins. De même, nous n'avons pas fait beaucoup d'observations dans des gaz raréfiés, ces conditions expérimentales pouvant donner lieu à des causes d'erreur multiples, surtout si l'on tient au contrôle des expériences au moyen de la loi de Stokes-Cunningham[1].

Nous avons fait en tout 2700 observations avec des gouttes d'huile et 1244 avec des particules métalliques, mais dans un certain nombre d'expériences l'intensité du mouvement brownien était trop faible pour permettre des observations suffisamment précises. Après l'élimination de ces expériences défectueuses, il reste 2267 observations portant sur des gouttes d'huile et 1050 relatives aux particules métalliques. Or toutes ces observations conduisent en moyenne à une valeur de la charge de l'électron qui s'approche du nombre de Millikan à environ 1 % près; on atteint donc une précision supérieure à celle qui est prévue par la théorie.

Les particules métalliques, qui ne sont sûrement pas sphériques, conduisent sensiblement au même résultat que les gouttes d'huile. Remarquons toutefois que cette constatation n'est vraie que pour les particules d'étain et de cadmium, obtenues par les procédés indiqués plus haut. Les particules produites dans l'arc voltaïque fournissent des valeurs notablement inférieures à la véritable charge de l'électron pour des raisons qui seront expliquées plus loin.

VII. — La loi de répartition des écarts browniens.

Non contents de constater la concordance quantitative des moyennes, nous avons voulu vérifier si les écarts browniens des observations individuelles se répartissent conformément à la loi théorique. Cette loi, établie par MM. Schrödinger et von Smoluchowski, ne se prête pas à un calcul commode, mais nous avons trouvé que si l'on considère la quantité :

$$\xi = \frac{t - t_1}{\sqrt{t}},$$

1. Voir par exemple les objections soulevées par M. F. Zerner (*Phys. Zeitschr.*, 1915, t. XVI, p. 10) contre les résultats de M. Fletcher.

où t est une durée de chute individuelle et t_1 la moyenne des durées de chute d'une série, *les valeurs absolues des quantités* ξ *doivent se répartir suivant la loi des erreurs de Gauss.*

Si l'on multiplie les ξ par un facteur qui dépend des constantes de la série considérée (vitesse de chute, vitesse d'ascension, intensité du champ électrique, nombre des charges élémentaires que porte la particule), on obtient une quantité $\varkappa$ dont les valeurs absolues doivent également se répartir suivant la loi de Gauss, avec un paramètre donné théoriquement dont la valeur ne dépend que de constantes universelles et de la température [1].

Le tableau suivant permet de juger la concordance des répartitions calculées et observées pour 2267 observations faites avec des gouttes d'huile. Les intervalles $\pm \Delta\varkappa$ sont tous de même grandeur, sauf le dernier qui s'étend jusqu'à l'infini, et correspondent en moyenne à des variations de la durée de chute de ± 1 seconde environ [2].

TABLEAU

Répartition observée	Répartition calculée
—	—
659	666,4
597	579,0
449	437,4
277	286,4
146	163,4
95	80,7
31	34,9
9	12,9
2	4,3
2	1,6
2267	2267

Le fait que les écarts browniens observés se répartissent effectivement selon la loi théorique est une des meilleures preuves de l'identité des charges élémentaires des ions gazeux et électrochimiques, car cette preuve ne porte plus sur des moyennes, mais elle fait intervenir les observations individuelles. Certes la méthode est d'une précision très limitée, mais d'autre part elle fournit une démonstration en quelque sorte objective et par conséquent particulièrement concluante de l'existence d'une charge élémentaire indivisible.

Les chiffres obtenus pour les particules métalliques obéissent un peu moins bien à la loi de répartition théorique et montrent un excédent de grands écarts sur lequel M. A. Targonski [1] a tout d'abord attiré l'attention ; ce défaut se manifeste d'une façon plus accentuée pour les chiffres observés par M. Konstantinowsky et davantage encore dans les observations faites avec de plus grosses particules produites par la pulvérisation des métaux dans l'arc voltaïque.

VIII. — Mouvement brownien des particules non sphériques. Conclusions [2].

L'étude de la répartition des écarts permet donc de prouver que seules des particules sphériques se conforment rigoureusement à la loi théorique. Pour les autres, l'écart de la théorie est d'autant plus grand que la particule est plus grosse. On conçoit facilement pourquoi la théorie ne peut s'appliquer rigoureusement aux particules non sphériques ; la théorie est basée, en effet, sur la supposition que la « mobilité » déduite de l'observation du mouvement brownien est la même que celle qui intervient dans le mouvement de chute et d'ascension. Ceci ne peut être vrai d'une manière générale que pour des particules sphériques ; pour les autres, la mobilité de translation dépend de l'*orientation de la particule.* Or l'orientation d'une très petite particule change continuellement par suite du *mouvement brownien de rotation.* Un très petit corps tourne sans cesse irrégulièrement dans tous les sens, et si sa symétrie n'est pas celle d'une sphère, la mobilité de translation suivant une direction donnée subit des fluctuations ayant un caractère statistique. Il est évident que ces fluctuations se superposeront aux véritables écarts browniens de la vitesse de translation et conduiront à un carré moyen du déplacement brownien trop grand et par conséquent à une mobilité apparente trop grande. C'est là la véritable signification du fait signalé par M. Targonski (voir chap. IV).

On s'explique de même facilement pourquoi cet effet tend à disparaître lorsque l'intensité du véritable mouvement brownien devient très grande. Si la particule observée est petite et si elle ne présente pas une forme particulièrement défavorable, elle tourbillonne tellement vite dans toutes les directions possibles que la mobilité de translation est sensiblement constante sur le

1. A. Schidlof et A. Targonski : *Soc. de Phys. et d'Hist. nat. Genève*, mai 1916.

2. En réalité, les intervalles Δt à l'intérieur desquels nous groupons les durées de chute individuelles varient d'une série à l'autre, et de plus, pour une même série, Δt dépend de la grandeur de la durée de chute considérée et diminue en même temps que celle-ci. Nous ne donnons l'indication ci-dessus qu'à titre de renseignement approximatif sur les limites de précision de la méthode.

1. A. Targonski ; *Arch. des Sc. phys. et nat.* (Genève), *l. c.*

2. A. Schidlof et A. Targonski ; *Soc. de Phys. et d'Hist. nat. Genève*, juin 1916.

moindre parcours. Il en résulte une pseudo-symétrie sphérique des particules et le calcul conduit à peu près au même résultat que si la particule était vraiment sphérique.

Cette interprétation éloigne la dernière difficulté soulevée par les expériences qui ont été faites avec des particules pulvérisées dans l'arc voltaïque. Il vaut évidemment mieux de ne pas utiliser ces particules pour la détermination de la charge de l'électron et du nombre d'Avogadro, mais on voit que, convenablement interprétée, l'observation du mouvement brownien de ces particules confirme les théories admises. Nous avons du reste trouvé à l'aide de très petites particules métalliques la même valeur de la charge élémentaire des ions gazeux que M. Millikan a obtenue au moyen d'une méthode particulièrement bien choisie à tous les égards.

Quant au nombre d'Avogadro, on ne peut douter que la valeur déduite du nombre de Millikan ne soit la plus exacte qu'on connaisse actuellement.

Genève, juillet 1916.

A. Schidlof,
Docteur ès sciences.

COMMENT DÉVELOPPER NOS PORTS MARITIMES APRÈS LA GUERRE[1]?

Nous avons déjà eu l'occasion d'indiquer comment il était nécessaire, à notre avis, de développer notre marine marchande après la guerre [2]. La nécessité de ce développement entraîne tout naturellement celui de nos ports maritimes de commerce; mais elle ne détermine pas dans quel sens et de quelle manière il convient de les développer. Il ne s'agit pas, en effet, de décider des dépenses et d'exécuter des travaux sans programme d'ensemble, à tort et à travers, sous l'influence d'intérêts purement locaux. Il s'agit de faire œuvre d'ensemble répondant aux besoins généraux du pays en même temps qu'aux besoins régionaux de nos ports maritimes.

La première condition pour tracer un programme répondant aux nécessités de la situation est de connaître la fonction économique de nos ports français, ou, pour parler plus clairement, de savoir quels sont les services qu'ils nous rendent. Pour obtenir le meilleur rendement de l'effort que l'on aura à donner, il faut, en effet, que cet effort soit dirigé de telle manière qu'il permette à chacun de nos ports d'augmenter dans une large mesure le rôle économique qu'il joue déjà.

I. — LE ROLE ÉCONOMIQUE MODERNE DES PORTS MARITIMES FRANÇAIS.

Lorsqu'on veut se rendre compte des raisons pour lesquelles des tonnes de marchandises viennent s'accumuler sur les quais de tel ou tel port, il est indispensable de savoir tout d'abord d'où elles viennent et où elles vont. Une fois cette première constatation faite, on peut se demander quelle est la raison économique des transports dont elles sont l'objet. Si on se livre à cette étude, on arrive à découvrir très vite que toutes les marchandises pénétrant dans nos ports ou en sortant peuvent se classer en trois catégories répondant aux trois fonctions distinctes que peut accomplir un port moderne.

La première catégorie, celle qui est généralement la plus importante, comprend, d'une part, les marchandises déchargées dans ce port à destination de son arrière-pays, et, d'autre part, les marchandises en provenance de cet arrière-pays chargées dans le port pour une destination d'outre-mer. L'ensemble de ces marchandises correspond à la *fonction régionale* du port. Cette fonction tend aujourd'hui à prendre le pas sur les autres, depuis que les transports par terre ont été développés dans une mesure inouïe par la construction des chemins de fer, et aussi, dans certains pays, par le développement et l'amélioration des voies navigables intérieures.

Lorsque les transports par terre s'accomplissaient par chariots ou à dos de mulet, il était impossible de distribuer dans un arrière-pays étendu les marchandises arrivant dans un port; tout au moins on ne pouvait le faire que si ces marchandises étaient capables, en raison de leur valeur élevée et de leur faible poids, de supporter des transports coûteux. On n'aurait pas imaginé à cette époque le transport terrestre, sur des distances relativement longues, de matériaux de

1. Cet article a été rédigé spécialement en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* Voir les réponses précédentes dans les numéros parus depuis le 15 mars 1916.

2. Voir la *Revue* du 15-30 septembre 1916, p. 525.

construction, d'engrais chimiques, de charbons, de minerais, etc... Au contraire, depuis la création des chemins de fer et l'amélioration des voies navigables, la distribution des marchandises pondéreuses par terre est devenue économiquement possible. Aussitôt les transports maritimes, beaucoup moins chers pour les longues distances que les transports terrestres même améliorés, ont pu amener dans nos ports, de pays extrêmement éloignés, des marchandises telles que les nitrates du Chili, les phosphates de la Floride ou de l'Algérie, les arachides d'Afrique, les blés des Etats-Unis et de l'Australie, etc... En d'autres termes, depuis que l'écart est moindre entre les facilités de transports par mer et les facilités de transports par terre, le commerce de mer et le commerce de terre peuvent avoir le même objet, et la marchandise de mer est transportée par navires d'autant plus largement qu'elle peut être plus facilement distribuée dans un arrière-pays plus étendu.

Parmi nos ports français, ceux de Dunkerque, du Havre, de Rouen, de Caen, de Nantes et de Saint-Nazaire, de Bordeaux et de Marseille sont, à des degrés divers, ceux dont le rôle régional est de beaucoup le plus développé.

Une certaine catégorie de marchandises est attirée dans nos ports, non pas précisément par les facilités qu'elle trouvera pour être distribuée dans l'arrière-pays, mais en vue d'une transformation industrielle qu'elle subira dans les environs immédiats du port. Nous avons déjà noté que les transports maritimes à longue distance sont infiniment moins coûteux en temps normal que les transports par terre. Pour donner une idée de cette différence, une tonne de blé venant de la côte Nord-Américaine du Pacifique, par exemple des ports du Puget Sound, situés un peu au sud de Vancouver, paie en temps normal un fret de 20 à 25 francs pour atteindre un port du Nord de l'Europe : Dunkerque, Anvers, Liverpool, Hambourg, Rotterdam à volonté. Cette tonne de blé accomplit un trajet de 25.000 kilomètres environ. Si nous recherchons quelle distance elle peut franchir par voie ferrée pour le même prix, dans les conditions favorables d'un tarif spécial, sur les chemins de fer français, nous trouvons que la distance correspondant au prix de 20 à 25 francs par tonne est d'environ 600 kilomètres. On pourrait multiplier les exemples de ce genre. Il est donc permis d'affirmer que, pour les marchandises pondéreuses franchissant de grandes distances, le transport par mer est moins coûteux que le transport par terre, et il résulte tout naturellement de cette constatation que certaines marchandises peuvent supporter les frais du transport par mer sans pouvoir supporter les frais du transport par terre ; que, par suite, elles peuvent venir dans un port français, mais qu'elles ne peuvent pas, tout au moins sans une transformation, être distribuées dans l'arrière-pays de ce port.

De là est née la *fonction industrielle* des ports modernes. Autour de tous les grands ports, des industries spéciales se sont constituées, dont plusieurs ont pour raison d'être la nécessité d'adapter aux transports par terre les marchandises qui arrivent à l'état brut par transports maritimes. Les industries chimiques qui tirent parti des pyrites, des phosphates naturels, et d'autres marchandises de ce genre en sont un exemple remarquable et, sans entrer dans les détails, on peut noter que la puissante Compagnie de Saint-Gobain a établi des usines dans la plupart de nos ports, bien qu'originairement son centre d'activité fût très éloigné de la mer.

A vrai dire, cette fonction industrielle des ports n'est qu'une variété de leur fonction régionale. Les phosphates et les pyrites qui viennent se faire traiter dans les usines situées près de Dunkerque, de Bordeaux ou de Cette, seront ensuite distribués, sous les formes nouvelles que leur aura données l'industrie, dans l'arrière-pays de chacun de ces ports. Toutefois le développement considérable pris par les industries des ports dans ces 30 dernières années donne un intérêt à la distinction que nous proposons.

Un des ports français dont le rôle industriel est le plus développé est notre grand port de la Méditerranée. Marseille avait été autrefois, et est resté jusqu'au début du XIXe siècle, un port de distribution de marchandises pour toute la Méditerranée. Il était véritablement à cette époque la « porte de l'Orient », ainsi que le rappelle une fresque fameuse due à un de nos plus grands peintres modernes. Aujourd'hui, sous l'influence du percement de l'isthme de Suez, du développement de la navigation à vapeur, de l'importance considérable prise par certains ports de la Méditerranée qui reçoivent directement de grands navires, Marseille a perdu, en grande partie, le gros élément d'activité que lui procurait cette situation. Mais il convient de le dire, à l'éloge de ses armateurs, de ses négociants et de ses industriels, son esprit d'entreprise a su profiter des circonstances nouvelles qui surgissaient au moment où l'évolution de la navigation en Méditerranée lui enlevait le bénéfice des conditions anciennes. Aujourd'hui, une quantité très importante des importations marseillaises est destinée aux nombreuses usines qui se groupent dans le voisinage du port et qui comprennent, en dehors

des industries chimiques proprement dites, les fabriques de savon, les huileries, la stéarinerie, les raffineries de sucre, la minoterie, la rizerie et l'amidonnerie, les raffineries de pétrole, etc... On retrouve également un développement industriel important, et dû d'une façon très positive au voisinage du port, dans les environs de Dunkerque, du Havre, de Rouen, de Nantes, de la Pallice, de Bordeaux et de Cette. Même des ports d'importance secondaire, comme Tonnay-Charente, deviennent souvent le siège d'industries qui augmentent grandement leur activité et dont la création est due uniquement aux facilités de transports maritimes offertes par le voisinage du port.

La fonction régionale et la fonction industrielle, si importantes aujourd'hui, étaient à peu près nulles dans les temps anciens et n'ont commencé à se manifester en Europe que vers le XVIIe siècle. Jusque-là la marchandise de terre et la marchandise de mer se confondaient peu. Les ports, au lieu d'être comme aujourd'hui des carrefours de voies terrestres et de voies maritimes, étaient simplement une série de stations disséminées le long du littoral, entre lesquelles un commerce d'échange s'établissait. La Ligue hanséatique est le type très net de cet état de choses. C'était, comme on le sait, un groupement économique et, jusqu'à un certain point, politique, constitué entre une série de ports situés principalement dans la région du Nord de l'Europe. C'est à peine si quelques comptoirs importants de l'intérieur des terres, Francfort-sur-le-Mein par exemple, étaient admis exceptionnellement à en faire partie. C'est qu'en effet les relations commerciales se nouaient entre ces différents ports et non pas entre leurs arrière-pays. En réalité, ils n'avaient pas d'arrière-pays. Chacun d'eux était isolé, volontairement le plus souvent, du territoire géographique auquel il appartenait. Ce territoire ne lui offrait, en effet, qu'une insignifiante ressource d'activité. Tout son effort se portait, au contraire, du côté de la mer et les navires de la Hanse qui visitaient les ports se livraient en quelque sorte à un colportage maritime, les armateurs propriétaires à la fois de leurs navires et de leurs cargaisons échangeant dans chacun d'eux une partie des marchandises qu'ils avaient à bord contre d'autres marchandises; se bornant, en somme, au rôle de distributeurs entre des ports maritimes isolés les uns des autres.

A cette époque, on le voit, la fonction essentielle des ports était une fonction purement commerciale; elle n'a pas disparu depuis lors, mais elle s'est profondément modifiée.

Il y a, en effet, sur les quais des ports, des marchandises qui ne viennent pas de l'arrière-pays de ce port et qui ne lui sont pas destinées. Ces marchandises ont été transportées par mer pour trouver là une occasion plus facile d'être réexpédiées sur une autre destination d'outre-mer. En d'autres termes, ce sont des marchandises venues par mer et destinées à repartir par mer. Il peut arriver que le rôle commercial du port ne se borne pas à leur transbordement d'un navire sur un autre. Parfois, elles séjournent dans des magasins, dans des entrepôts; elles peuvent même être l'objet d'opérations commerciales, telles que warrants, marchés à terme, etc., mais elles repartent du port sans avoir été ni demandées, ni produites par l'arrière-pays. Elles lui sont extérieures. Le port n'est pas pour elles un carrefour de routes maritimes et de routes terrestres, mais un simple carrefour de routes maritimes.

La *fonction commerciale* des ports modernes est loin d'exister au même degré dans tous nos ports français. Elle est à peu près nulle à Dunkerque. Elle ne se manifeste aucunement à Rouen, fort peu à Nantes ou à Bordeaux; d'une manière générale, elle est faible dans les ports profondément enfoncés dans les terres, spécialement dans les ports en rivières. On comprend, en effet, qu'aucune marchandise n'ait intérêt à pénétrer profondément à l'intérieur du territoire quand elle ne lui est pas destinée. Les navires qui remontent jusqu'à Rouen y laissent presque toujours toute leur cargaison. Ce n'est pas un lieu d'échange de marchandises de mer, mais un lieu de transbordement pour les marchandises de mer ayant pour origine ou destination un point de l'arrière-pays. Au contraire, un port comme le Havre, projeté en mer au-devant des navires qui passent en vue de nos côtes, offre des facilités aux escales et est désigné pour un rôle commercial. C'est ainsi que les Docks et Entrepôts du Havre contiennent toujours en temps normal d'énormes quantités de marchandises venant de l'étranger et destinées à la consommation étrangère. Ces dernières années, 3 millions de sacs de café s'y empilaient, sans parler des cotons, des rhums, des poivres, des cacaos qui s'y trouvaient aussi en quantités importantes. L'activité que doivent certains ports à cet élément purement commercial, étranger à la région qu'ils desservent, n'est donc pas négligeable.

Toutefois, plus les moyens de communication maritimes et terrestres sont développés, plus le rôle régional des grands ports tend à dominer les autres. Il est actuellement la condition

nécessaire de l'activité industrielle et de l'activité commerciale dans tous les ports. C'est que, par suite du tonnage toujours croissant des navires; par suite aussi des facilités plus grandes de chargement et de déchargement qu'ils trouvent dans un port important; par suite, enfin, des chances beaucoup plus grandes que leur offrent les grands ports de trouver un fret de retour, les navires se dirigent plus volontiers vers les ports manutentionnant un tonnage de marchandises élevé, que vers les ports plus modestes. En cette matière, il est vrai de dire que la masse attire la masse. Or la masse des marchandises, c'est-à-dire le gros tonnage, est fournie précisément par la fonction régionale et industrielle. Un port comme Rotterdam, dont les importations atteignaient avant la guerre 15 millions de tonnes, n'arrive à ce chiffre prodigieux qu'en raison des quantités énormes de minerais qu'utilise la région de la Westphalie et qui viennent à Rotterdam pour emprunter la voie fluviale du Rhin. Les ports anglais à charbons n'arrivaient à expédier, avant la guerre, 77 millions de tonnes de houille par an qu'en raison des ressources houillères magnifiques que contient le sous-sol britannique. Des marchandises de ce genre ne peuvent pas supporter le transbordement à cause de leur valeur peu élevée. On ne les trouve donc que dans les ports des pays qui les produisent ou dans les ports des pays qui les utilisent. Elles ne sont jamais un élément d'activité commerciale pour les ports; mais elles ressortissent de la fonction régionale. C'est pourquoi la fonction régionale peut seule fournir un très gros tonnage et il est facile de constater que, depuis une trentaine d'années, les ports qui se sont le plus développés en Europe sont ceux dont l'arrière-pays est devenu à la fois plus étendu et plus actif. C'est le cas de Rotterdam que nous citions tout à l'heure; c'est aussi le cas de Hambourg, dont l'arrière-pays économique s'est développé non seulement par la création du Zollverein allemand, mais aussi par la merveilleuse utilisation de l'Elbe et par le développement des chemins de fer. On estime, d'une façon générale, que l'arrière-pays de Hambourg est renfermé dans un triangle ayant Hambourg pour sommet et dont la base irait de Bâle à Cracovie. C'était encore le cas pour Anvers qui, bien qu'appartenant à un territoire politique limité, desservait une zone fort étendue en dehors de la Belgique.

On peut donc dire sans exagération que la meilleure chance qu'ait un port moderne de se développer est d'être relié le mieux possible avec un arrière-pays aussi productif et aussi large que possible. Il ne peut pas être question de développer l'industrie d'une façon puissante dans un port modeste isolé des régions qui l'avoisinent, ou insuffisamment relié à elles. Il ne peut pas être question, non plus, de créer un port d'escales très fréquenté et d'une activité commerciale importante dans un port dont la fonction régionale ne fournit pas déjà un tonnage abondant. Le commerce maritime international n'est attiré que dans les ports où un puissant commerce national s'affirme déjà, c'est-à-dire dans les ports à fonction régionale développée.

Dans ces conditions, il est clair que le premier moyen, le moyen essentiel de développer nos ports maritimes français est de les relier très fortement à l'arrière-pays qu'ils sont susceptibles de desservir. Tel est, en effet, le fondement nécessaire à la fonction régionale et celle-ci sert de base à tous les développements possibles des grands ports modernes.

La guerre actuelle a mis en relief d'une façon remarquable, en France, l'importance du rôle régional des ports. Coupée de ses communications commerciales terrestres sur la frontière du Nord et de l'Est; privée, en outre, des ressources provenant des provinces envahies, si riches en industries de toutes sortes, la France a dû recourir à ses ports maritimes pour recevoir la plupart des énormes quantités de marchandises qui lui étaient nécessaires. La Commission militaire des ports maritimes a établi un état comparatif du tonnage des marchandises embarquées ou débarquées dans les plus importants de nos ports, pendant les années 1913, 1914 et 1915. Dans l'ensemble, les marchandises débarquées dans nos ports ont atteint un tonnage dépassant de plus de 10 millions de tonnes celui afférent à l'année 1913, dernière année normale. Certains chiffres méritent d'être cités :

Le Havre	qui recevait en	1913	2.747.000	tonnes	en a reçu en	1915		4.508.000
Rouen	»	»	5.147.000	»	»	»	»	8.700.000
Dieppe	»	»	474.000	»	»	»	»	775.000
Nantes et Saint-Nazaire	»	»	3.111.000	»	»	»	»	4.551.000
La Rochelle	»	»	849.000	»	»	»	»	1.384.000
Bordeaux	»	»	3.186.000	»	»	»	»	3.635.000
Marseille	»	»	5.886.000	»	»	»	»	6.045.000

Il est à remarquer que dans ces chiffres ne sont pas comprises les marchandises venues par navires de guerre ou par les navires affectés au transport des troupes et du matériel de guerre anglais et français. En réalité, nos ports ont dû faire face à un trafic d'importation extrêmement augmenté. Ils n'y sont arrivés qu'avec de grosses difficultés, notamment avec des pertes de temps se traduisant par des surestaries considérables et des élévations correspondantes du coût des transports. On peut dire que ces difficultés auraient été grandement diminuées et la cherté de la vie beaucoup plus efficacement combattue si, avant la guerre, nos ports maritimes avaient été plus efficacement adaptés aux besoins du commerce maritime. Il convient que l'avertissement ne soit pas perdu et que nous avisions au plus vite aux moyens de mettre nos ports français en mesure de satisfaire, non seulement aux besoins actuels, mais à ceux qui résulteront de l'essor économique du pays après la guerre.

II. — La liaison des ports et de leur arrière-pays.

La liaison des ports et de leur arrière-pays doit toujours être assurée, en tout état de cause, par les voies ferrées. Elle peut l'être aussi, avec une grande efficacité, lorsque les circonstances sont favorables, par les canaux et les voies fluviales.

Les voies de chemins de fer pouvant être pratiquement établies, grâce à l'art de nos ingénieurs, dans toutes les directions utiles, on ne saurait imaginer un port maritime qui ne fût pas relié à son arrière-pays par une voie ferrée. L'économie et la rapidité des transports par voie ferrée, comparée aux transports par roulages sur routes, sont telles qu'il ne saurait y avoir de doute à cet égard. Mais, ainsi que nous l'avons déjà indiqué plus haut, la limite économique des transports par voie ferrée est atteinte beaucoup plus rapidement que la limite économique des transports par voie fluviale; c'est-à-dire que telle marchandise pondéreuse, susceptible d'être distribuée sur une très longue distance par la voie économique du canal ou du fleuve, ne peut l'être que sur une distance moindre par la voie plus coûteuse des chemins de fer. Par suite, l'arrière-pays du port s'élargit davantage lorsque ce port a à sa disposition un canal ou un fleuve navigable facile à utiliser.

L'assertion que nous présentons ici a été souvent discutée. Aujourd'hui encore, il se rencontre des économistes pour soutenir que la voie ferrée a sur la voie d'eau une supériorité absolue s'étendant à tous les genres de marchandises. Ce n'est pas que ces économistes puissent nier l'infériorité du prix des transports par eau comparé au prix des transports par voie ferrée; mais ils estiment que cet avantage incontestable de la voie d'eau est compensé par son extrême lenteur et que, si on tient compte à la fois du prix et de la rapidité du transport, la supériorité du chemin de fer éclate d'une façon évidente.

Ce raisonnement absolu ne saurait nous convaincre. S'il est exact que les transports par eau soient lents, il faut tenir compte que cette lenteur n'est pas considérée comme un inconvénient lorsqu'il s'agit de marchandises de peu de valeur susceptibles de conservation et d'accumulation, pour lesquelles la rapidité du transport et la livraison à jour fixe ont peu d'importance. En réalité, on ne peut pas donner une réponse générale à la question de savoir si les transports par fer sont préférables aux transports par eau; on peut simplement déterminer les catégories de marchandises pour lesquelles le transport par eau est avantageux et qui, par suite, peuvent être plus largement distribuées par un port que desservent un canal et un fleuve que par un port réduit aux seules ressources du chemin de fer.

« Le chemin de fer ne remplace pas le canal, disait M. Audiffred, sénateur, à l'appui de sa proposition de loi de 1906 sur l'achèvement des ports et des voies navigables, parce qu'il ne peut transporter les marchandises aux mêmes conditions de bon marché. Il a un matériel coûteux à entretenir et à amortir; ses frais de personnel et de traction sont considérables.

« Actuellement, sur tous nos canaux transformés suivant le programme de 1879, un bateau de 300 tonnes, qui représente un train de 50 wagons chargés d'un poids uniforme de 6.000 kilogs, circule avec deux hommes et trois bêtes de trait de force moyenne. La traction, grâce à de nouvelles inventions, peut être organisée, de la façon la plus économique, au moyen de toueurs électriques, actionnés par la force produite par les chutes d'eau des écluses.

« Tous les moyens de transport ont, du reste, leur rôle bien déterminé, et l'expérience assigne à chacun d'eux sa place dans le développement de la richesse publique.....

« Il n'y a pas antagonisme entre ces divers moyens de transports ; ils ne sont pas destinés à se faire concurrence et à se nuire ; ils constituent les organes différents, mais également utiles, d'un être unique, d'autant plus puissant qu'il est pourvu de moyens d'action moins rudimentaires et plus nombreux [1]. »

1. Voir le rapport de M. Audiffred, sénateur, au nom de la Commission de l'outillage national, année 1914. Annexe du procès-verbal de la séance du Sénat, du 10 juillet 1914.

Cette opinion est partagée, non pas seulemen par des économistes et par des hommes d'État, mais par des techniciens éminents parmi lesquels nous nous bornerons à citer M. Camille Krantz et M. de Freycinet.

M. Krantz, dans la séance de l'Assemblée Nationale du 13 juin 1914, s'expliquait ainsi :

« Tout porte à croire que, comme prix, comme puissance et comme facilité de transport, la petite vitesse est réellement le côté faible des chemins de fer, celui auquel il faut, dans l'intérêt général, venir en aide.

« C'est ici que la concurrence peut intervenir utilement, mais à la condition qu'elle soit principalement faite par les voies navigables. En effet, les canaux et rivières canalisées ont une puissance de transport presque indéfinie, peuvent, dans un moment donné, faire face aux plus sérieux encombrements, les dissiper, et enfin transportent à des prix très bas lorsqu'ils sont bien établis. Non seulement ils peuvent faire office de modérateur par le bon marché, mais encore de régulateur par la fixité de leurs prix. »

Dans son exposé des motifs de la loi du 4 novembre 1878 sur le classement et l'amélioration des voies navigables, M. de Freycinet disait également :

« L'opinion publique, après s'être prononcée presque exclusivement en faveur des chemins de fer, se tourne maintenant vers les voies navigables et demande, avec raison, selon nous, une distribution plus équitable des rôles entre les deux puissants moyens de transports. »

Ces réflexions, loin d'avoir été démenties par les faits qui se sont produits depuis 40 ans, semblent, au contraire, avoir été confirmées par eux et empruntent aux événements actuels un intérêt nouveau. C'est, en effet, une nécessité reconnue et proclamée par les économistes les plus avertis sur les questions de transports par voie ferrée que le relèvement de certains de nos tarifs de transports par chemin de fer. S'il est avantageux au développement de l'activité agricole, industrielle et commerciale que les transports publics soient mis à la disposition des producteurs et des négociants dans les conditions de bon marché les meilleures, il est impossible, d'autre part, d'organiser des moyens de transports efficaces, si ceux qui en profitent se refusent à supporter les charges qu'ils entraînent. En matière de transports, comme en toute autre matière économique, tout service réclame sa juste rémunération; or, avec l'augmentation générale des salaires, augmentation qui se lie à une série de phénomènes qu'il est impossible de prévenir, les transports par chemin de fer, qui supposent, soit pour l'établissement, soit pour l'exploitation de la voie ferrée, l'emploi d'une main-d'œuvre très importante, ne pourront se faire qu'avec des tarifs plus élevés. Ne serait-ce pas folie de négliger, dans ces conditions nouvelles, les moyens de transports qui, malgré la lenteur qu'on leur reproche, ne réclament qu'une main-d'œuvre extrêmement limitée et peuvent échapper, par conséquent, dans une large mesure, aux conséquences économiques de l'augmentation générale des salaires ? Alors qu'un grand nombre de marchandises, d'un prix relativement élevé, pourront supporter sans inconvénient une augmentation des tarifs de chemins de fer, ne convient-il pas de réserver aux marchandises plus modestes, qui se trouveront d'autant plus écartées des transports par voie ferrée que le prix de ces transports aura augmenté, un mode de locomotion plus approprié à leur nature et moins onéreux ?

Sans parler des créations nouvelles ou des améliorations qu'il y a lieu d'apporter dans notre système de transports intérieurs par eau, il est une réforme qui s'impose d'autant plus que sa réalisation n'entraînerait que des dépenses peu élevées : nous voulons parler des voies de raccordement des chemins de fer aux voies navigables.

C'est une chose étrange, en effet, qu'on ait tiré jusqu'ici si peu de parti des voies navigables françaises et surtout qu'elles soient restées isolées des chemins de fer de telle manière que les voies de raccordement actuellement existantes sur notre territoire ont une longueur totale n'atteignant pas 10 kilomètres [1].

Ces deux modes de transports, complémentaires par leur nature et que l'on a souvent représentés comme des rivaux très isolés l'un de l'autre, paraissent s'ignorer, alors que leur coopération pourrait profiter largement à l'un comme à l'autre.

M. Audiffred estime qu'une centaine de jonctions coûtant à peine 100 millions, à raison de un million pour chaque raccordement, seraient suffisantes pour assurer une liaison efficace entre nos transports par fer et nos transports par eau.

Quel que soit l'exactitude de cette évaluation, il n'est pas douteux que la puissance de ces deux modes de transports se trouverait accrue dans d'énormes proportions si des liens étaient établis entre eux.

En ce qui concerne les créations nouvelles, celles que l'on considère comme désirables peuvent être classées sous cinq chefs principaux :

1. Rapport Audiffred déjà cité, p. 8.

1° Le canal latéral au Rhône avec son prolongement jusqu'à Bâle, où il entrerait en communication avec le Rhin. L'établissement de cette voie, nécessaire en raison de l'extrême rapidité du cours naturel du Rhône, serait le complément des travaux qui sont actuellement en voie d'exécution pour mettre le cours du Rhône en communication avec notre grand port de Marseille. On sait, en effet, que le canal souterrain du Rove vient d'être terminé et joint déjà le port de Marseille à l'étang de Berre avec prolongement jusqu'à Arles sur le cours du Rhône. D'autre part, la mise en communication de notre grand port méditerranéen avec la Suisse nous permettrait de lutter efficacement contre les facilités que donne à l'importation par Rotterdam l'amélioration de la voie du Rhin. En canalisant le Rhin comme ils l'ont fait, les Allemands ont annexé en partie la Suisse à l'arrière-pays économique de Rotterdam. Il s'agit pour nous de prendre une revanche en faisant entrer la Suisse dans l'arrière-pays de notre port de Marseille. Sans doute, il existe déjà un certain transit de marchandises maritimes par Marseille à destination de la Suisse; mais le tonnage de ce transit pourrait être largement augmenté si des moyens de communication économiques et convenables aux marchandises lourdes étaient créés entre Marseille et la Suisse. Ce serait précisément un des résultats de l'établissement du canal.

2° Le canal de jonction devant relier Bordeaux à Montluçon, point où commence le réseau des voies navigables du Centre, de l'Est et du Nord. Ce canal, qui ferait cesser l'isolement du port de Bordeaux, augmenterait largement la zone desservie par ce port. Toutefois, le tracé à suivre n'a pas encore été déterminé, en raison de la concurrence qui s'est manifestée entre plusieurs des vallées qu'il pourrait emprunter.

3° Le canal latéral à la Loire de Nantes à Briare et de Briare à Bâle. Là aussi des difficultés techniques se présentent à cause des périodes de basses eaux que présente la Loire.

4° Le canal du Nord-Est, destiné à relier le bassin minier de Longwy et Briey au port de Dunkerque, en amenant à notre grand port du Nord les marchandises actuellement détournées par les ports étrangers, notamment par celui d'Anvers. Pour le canal du Nord-Est, l'importance du bassin minier de Briey et l'existence des canaux aboutissant déjà à Dunkerque ne permettent guère d'hésitations sur le tracé à suivre. Il semble donc que la nécessité d'une prompte exécution s'impose ici dans l'intérêt de notre métallurgie française et dans l'intérêt de notre industrie maritime.

5° Enfin le programme d'achèvement de nos voies navigables comporterait diverses voies de raccordement, telles que le canal de jonction du Rhône à la Loire, l'approfondissement et l'élargissement des canaux du Berry, etc...

L'amélioration des voies navigables existantes et la création de voies nouvelles aboutissant à nos ports maritimes, comme l'amélioration des voies ferrées qui les desservent, apparaissent donc comme une nécessité pressante pour le développement de notre commerce maritime. Sans entrer dans les détails, on peut indiquer, par exemple, que le fait de voir notre port du Havre relié à l'ensemble du territoire français par une seule ligne de chemin de fer constitue une sorte de scandale économique. Là aussi, il ne saurait y avoir d'hésitation sur le tracé à adopter. Après de longues études contradictoires, on est arrivé à se mettre d'accord sur la direction que pourrait suivre une ligne desservant la basse Normandie. Il ne s'agit donc plus que de l'exécution du programme arrêté.

Il ne saurait entrer dans le cadre de ce travail de déterminer les améliorations nécessaires dans chacun de nos grands ports maritimes pour les mettre à même de répondre aux besoins de son trafic présent et futur. Il est intéressant seulement de constater que, à la suite de l'augmentation subite du tonnage d'importations résultant de la guerre, l'insuffisance de l'outillage de nos ports s'est manifestée beaucoup plus que l'insuffisance des superficies d'eau, des terre-pleins et des quais qu'elle comporte. En d'autres termes, il semble que nous puissions faire une meilleure utilisation des ports déjà construits grâce à un outillage plus perfectionné, à une intensité plus grande de travail dans la manutention des marchandises de mer.

Cette réflexion ne va pas d'ailleurs à l'encontre des créations nouvelles de quais, dont plusieurs sont indispensables et qui, sous la pression de circonstances exceptionnelles, ont été réalisées dans certains de nos ports en pleine guerre, par exemple à Bordeaux où les appontements de Queyries et de Bassens ont été créés en quelques mois.

Mais une question de méthode générale relative à l'exécution de ces travaux mérite d'attirer spécialement notre attention et c'est par l'examen de cette question que nous terminerons les quelques observations présentées ici au sujet de l'amélioration de nos ports.

III. — Comment assurer l'exécution rapide des travaux ?

Dans le rapport de M. Audiffred sur l'achèvement des ports et des voies navigables que nous

avons déjà eu l'occasion de citer, l'honorable sénateur a insisté avec une grande force sur la nécessité de modifier le système financier qui est suivi pour l'exécution des travaux des ports et de la navigation intérieure. Il fait très justement ressortir qu'en matière de chemins de fer, soit d'intérêt général, soit d'intérêt local, le système financier suivi est infiniment plus efficace.

« Chaque année, on apporte des perfectionnements nouveaux aux lignes des grands réseaux. Cette œuvre se poursuit régulièrement, grâce à un système financier qui permet d'acquitter les dépenses considérables faites chaque année avec des annuités remboursables ou à l'aide de recettes assurées par la garantie d'intérêt. C'est ainsi que l'on consacre annuellement plus de 300 millions à l'extension des voies ferrées, en inscrivant seulement aux divers budgets les sommes nécessaires au paiement des intérêts des sommes dépensées et à leur amortissement en un très grand nombre d'années. »

Ce système a deux avantages : le premier est d'ordre économique ; il consiste à répartir sur plusieurs générations des dépenses que l'on peut exécuter immédiatement, mais qui sont indéfiniment profitables aux générations futures et qui produisent rapidement les effets de développement économique que l'on en attend. Le second avantage est d'ordre technique : il consiste à permettre l'exécution rapide des travaux, sans interruption de nature à en augmenter le coût, et avec tous les avantages qui s'attachent à l'organisation de très grands chantiers.

En ce qui concerne les ports et la navigation intérieure, au contraire, le régime suivi est tout différent.

« La génération qui effectue la dépense la paie en totalité. Aussi ajourne-t-on les travaux les plus nécessaires, et exécute-t-on avec une lenteur absolument préjudiciable ceux que l'on entreprend. »

Souvent il arrive qu'un programme de travaux ne peut donner les résultats que l'on s'en promet qu'après sa complète réalisation. Dans ce cas, très fréquent, la génération présente supporte, sans aucun profit pour elle, des dépenses qui ne deviendront une source de recettes que beaucoup plus tard. Ce n'est pas tout. A ces inconvénients d'ordre économique s'en ajoutent d'autres techniques :

« Souvent les chantiers sont momentanément délaissés faute de crédits ; quand on les reprend, il faut les remettre en état, réparer les dégradations inévitables. »

M. Audiffred cite à l'appui de ces assertions l'exemple des travaux votés pour l'agrandissement du port de Rouen et la canalisation de la basse Seine (loi du 26 août 1913). Les travaux et la dépense totale forment un ensemble s'élevant à 119 millions dont aucune partie ne doit être disjointe. Pour la canalisation de la basse Seine en particulier, la dépense prévue, qui est de 66 millions, ne pourra produire ses effets utiles que lorsque l'ensemble des travaux aura été achevé. Or, d'après le projet voté, on mettra vingt-cinq ans à construire les digues et à exécuter les divers travaux prévus. M. Babin, ingénieur en chef des travaux, qui a préparé et exécuté les améliorations réalisées dans la basse Seine depuis plusieurs années, déclare que si l'on exécutait en une seule fois les travaux prévus, on serait à peu près complètement déchargé des travaux onéreux d'entretien. La dépense initiale de premier établissement, quoique très élevée, serait moins coûteuse en fin de compte que les travaux de dragage répétés qui s'imposeront tant que la construction prévue n'aura pas été achevée.

La conclusion impérieuse à tirer de ces faits est qu'il faut procéder pour les voies navigables des ports comme l'on procède pour les chemins de fer d'intérêt général et d'intérêt local.

« On doit se procurer le capital, dit M. Audiffred, par un procédé financier analogue à celui en usage dans les grandes entreprises étrangères similaires et dans nos compagnies de chemins de fer. Il faut exécuter les travaux très rapidement afin d'en faire bénéficier le public dans le plus bref délai, et, pour cela, assurer le service des intérêts et l'amortissement des sommes dépensées, soit à l'aide de péages, soit à l'aide d'annuités de remboursement ou de garanties d'intérêt prélevées en partie sur les crédits annuels consacrés à ces travaux. »

Telle est la conclusion de la Commission sénatoriale de l'outillage et ce sera aussi la nôtre. On peut objecter, il est vrai, que la loi du 5 janvier 1912 sur l'autonomie des ports, en prévoyant une organisation nouvelle et d'apparence indépendante pour l'administration des ports, a donné satisfaction à ce vœu. Il y aurait de fortes réserves à présenter à ce sujet, étant donné que le projet primitif sur l'autonomie des ports a été profondément bouleversé par une série de modifications et a abouti, sous bien des aspects, à un régime moins libéral que le régime actuel. C'est ainsi que les Chambres de Commerce concessionnaires de l'outillage public des ports ont actuellement, pour l'exploitation de cet outillage, une liberté d'action plus grande que ne l'aurait le Conseil d'Administration du port autonome, tel qu'il est prévu par la loi de 1912 et par le

règlement d'administration publique du 10 mars 1916 rendu pour son application.

Mais il y a plus. Ainsi que nous nous sommes efforcés de le faire ressortir au début de ce travail, les ports modernes ne sont pas des organisations isolées de leurs arrière-pays. Ils doivent être fortement reliés à la région qui s'étend derrière eux et nous venons d'indiquer que cette liaison ne peut s'opérer que par de grands travaux publics tendant à l'amélioration des voies ferrées et de la navigation intérieure. Par suite, à supposer même qu'un régime d'autonomie absolument adapté aux besoins économiques des ports soit établi en France et permette à ceux-ci d'exécuter rapidement, et dans les meilleures conditions de rendement possibles, les travaux afférents aux ports eux-mêmes, il restera toujours la question des accès de ces ports et cette question échappera forcément à l'administration autonome du port proprement dit. Le problème ne saurait donc être résolu sans une modification profonde des règles financières qui président à l'exécution de nos grands travaux publics. La grande objection que l'on fait à cette transformation, c'est que le caractère annuel des crédits est un principe de comptabilité publique dont on a reconnu les bons effets d'une manière générale et que l'on ne saurait abandonner à la légère. Mais il ne s'agit aucunement d'abandonner ce principe en ce qui concerne les dépenses générales de l'Etat. Il s'agit simplement de se rendre compte que l'Etat moderne se charge, par le développement même de sa fonction, d'une série de soins qui n'absorbaient pas, au même degré, l'Etat ancien. En matière de travaux publics, en particulier, l'Etat devient une sorte d'industriel. Il a même, il est vrai, une tendance très exagérée à développer ce rôle au delà des besoins vérifiés ; mais il ne saurait se dispenser de pourvoir à une série de besoins auxquels la complication de la vie moderne a donné le caractère d'intérêts généraux. Pour satisfaire ces besoins, pour remplir le rôle actif qui lui incombe, il ne doit pas employer les mêmes méthodes que pour parer aux services administratifs dont il a été chargé de tout temps. Pour le rôle traditionnel qu'il continue à jouer, l'organisation financière traditionnelle est suffisante ; pour le rôle moderne qui lui incombe aujourd'hui et qui se développe chaque jour, cette méthode traditionnelle est tout à fait inefficace et doit être remplacée par une méthode mieux adaptée aux circonstances.

Ces considérations vont sans doute au delà du sujet que nous avons envisagé. Elles ne s'appliquent pas, en effet, seulement à l'amélioration de nos ports maritimes. Elles embrassent l'ensemble des grands travaux publics et aussi les divers aspects du rôle industriel assumé par l'Etat. Cependant nous avons cru devoir les présenter ici, parce que la réforme du système financier employé actuellement pour les travaux des ports et de la navigation intérieure est une condition essentielle de leur développement.

Paul de Rousiers,
Professeur à l'Ecole libre des Sciences politiques,
Secrétaire général du Comité des Armateurs
de France.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Perry (John), *Professeur au « Royal College of Science » (Londres).* — **Mécanique appliquée,** *à l'usage des élèves qui peuvent travailler expérimentalement et faire des exercices numériques et graphiques (Ouvrage traduit sur la 9e édition anglaise par* E. Davaux, — *avec un appendice sur les « toupies tournantes » du même auteur). — Tome II :* **Constructions déformables et machines en mouvement.** — *1 vol. in-8° de 320 pages avec 228 fig. dans le texte. (Prix : 10 francs.) A. Hermann et fils, éditeurs, Paris,* 1915.

Comme il a été dit lors de la publication du Tome premier de cet ouvrage[1], il s'agit, non pas d'un cours magistral, mais de libres entretiens, souvent humoristiques, tenus au laboratoire ou à la salle de dessin, pour préparer les étudiants à des expériences, à des exercices de calcul et à des tracés graphiques.

Certes la façon dont on conçoit en Angleterre l'enseignement de la Mécanique est bien connue chez nous depuis la publication du célèbre *Manual of Applied Mechanics* de Macquorn Rankine : cinquante ans ont passé sur cette œuvre et elle est toujours jeune. Mais, tandis que Rankine n'admettait chez son lecteur aucune connaissance préalable de la Mécanique et le conduisait cependant brièvement des premières notions aux applications les plus difficiles, John Perry suppose implicitement, dans son *Applied Mechanics*, un étudiant déjà imprégné des rudiments de la Mécanique abstraite. « La méthode de Newton, qui a été suivie par Thomson et Tait, dit-il à propos de l'Energétique, est de beaucoup préférable à tout autre point de départ dans l'étude de la Mécanique. Tout ingénieur doit posséder son « T and T », ce livre remarquable (on désigne en Angleterre par ces initiales l'ouvrage de Thomson et Tait intitulé *An Elementary Treatise on Natural Philosophy*). » C'est à ces connaissances rationnelles qu'il vient en superposer en quelque sorte de musculaires; aux éléments abstraits de valeur indéterminée, il affecte des nombres qui en précisent l'ordre de grandeur dans l'usage courant : il *adapte* en un mot la Mécanique à l'Art de l'Ingénieur. Un tel enseignement, qui s'adresse plus aux sens qu'à la raison déductive, ne plaît pas toujours en France, et le Traducteur, en sa Préface, y fait allusion avec quelque amertume. La vérité est que cet enseignement, pour être fructueux, exige chez le maître une personnalité spéciale et forte, et qu'un ingénieur pratiquant n'est pas nécessairement apte à le donner. Enfin il convient de noter l'esprit traditionaliste qui anime John Perry : « Il est nécessaire pour les élèves, dit-il, de respecter les proportions qu'une longue pratique a consacrées : respect tempéré par l'esprit critique. Quand, dans une vieille industrie, on fabrique depuis longtemps un support ou un crochet de suspension presque toujours avec les mêmes proportions, on doit se rappeler que ces proportions ont été atteintes au prix d'un très grand nombre d'essais et d'insuccès. »

Voici l'état sommaire des matières traitées.

Les chapitres 17 à 23 sont consacrés à la Mécanique des corps déformables. Ils comprennent ce qu'on désigne sous le nom de Résistance des Matériaux et de Statique plus ou moins graphique. L'éditeur avait annoncé un appendice où le lecteur aurait trouvé une adaptation des travaux de MM. F. et E. Cosserat à l'Art de l'Ingénieur; mais la mort si regrettable de M. F. Cosserat a interrompu l'exécution de ce travail.

Le chapitre 24, sur la Mesure d'un choc, plein d'aperçus ingénieux, est des plus intéressants.

Le chapitre 25 est relatif aux fluides en mouvement dans les machines.

Le chapitre 26 traite du mouvement harmonique simple (H. S. M.) et de ses applications.

Le chapitre 27 concerne les mécanismes de la machine à vapeur et des machines analogues, étudiés à la fois au point de vue cinématique et au point de vue dynamique.

Le chapitre 28, intitulé Force centrifuge, s'occupe de la Mécanique des corps tournants, et notamment de l'équilibrage des moteurs.

Le chapitre 29, et dernier, consacré aux Ressorts, est rempli de réflexions pratiques curieuses.

L'Editeur a reproduit à la fin de l'ouvrage une conférence célèbre faite à Leeds en 1890 sur les *toupies tournantes* et publiée en un petit volume de la S. P. C. K (Society for Promoting Christian Knowledge = Société pour la propagande des connaissances chrétiennes). Cette conférence est un chef-d'œuvre qui caractérise admirablement la manière de John Perry : comme, au fond, elle traite des phénomènes gyroscopiques qui jouent un grand rôle dans des dispositifs techniques d'actualité (torpilles, compas de marine, amortisseurs de roulis, stabilisateurs d'aéroplanes, etc...), elle saura trouver de nombreux lecteurs. Je ne serais pas surpris si elle faisait le succès de l'ouvrage principal : on prendra le livre pour y lire en curieux la conférence, puis, charmé, on se mettra à l'étude du livre lui-même.

A. Boulanger,
Professeur de Mécanique au Conservatoire des Arts et Métiers.

2° Sciences physiques

Nikitin (W. W.). — **La Méthode universelle de Fédoroff.** Description systématique de la marche des opérations a effectuer pour la détermination des constantes optiques des minéraux. *Traduit du russe par* M. L. Duparc, *professeur à l'Université de Genève, et* Mlle V. de Dervies, *docteur es sciences. — 2 vol. in-8° comprenant 516 p. et 110 fig. et 1 Atlas in-4° de 8 pl. (Prix : 30 fr.) Edition Atar, 12, Corraterie, Genève, et Ch. Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris, 1914.*

Dans le microscope pétrographique ordinaire, les plaques cristallines minces ne peuvent être déplacées que dans un seul plan, celui de la platine du microscope. Cependant, il pourrait être avantageux de les observer sous diverses inclinaisons : c'est ce que M. Fedoroff a donné le moyen de réaliser, dès 1893, au moyen de sa platine universelle, d'abord à deux, puis à trois axes de rotation, qui permet d'étudier une lame cristalline dans une direction quelconque de l'espace.

Concurremment à ce dispositif, M. Fedoroff a élaboré toute une série de méthodes, groupées sous le nom de « méthode universelle », qui permettent d'obtenir par son emploi toutes les propriétés optiques des cristaux en plaque mince. En lumière parallèle polarisée, on reconnaît un axe optique par le fait que, placé parallèlement à l'axe du microscope, il reste uniformément sombre pendant une rotation complète autour de l'axe. En projetant graphiquement ces deux directions et en déterminant les angles d'extinction dans des zones données, il est possible non seulement de mesurer l'angle de l'axe optique, mais aussi de déterminer la position des axes optiques par rapport à la plaque cristalline, même si aucun d'entre eux n'apparaît dans le champ de vision. Fédoroff a montré aussi comment il est possible par ses méthodes de mesurer approximativement les

1. Voir la *Revue* du 15 mars 1913, t. XXIV, p. 200.

indices de réfraction et la biréfringence d'un minéral avec une section quelconque.

Quoique la méthode de Fédoroff nécessite l'emploi de la projection stéréographique ou angulaire et soit en grande partie de nature graphique, elle n'offre pas de grosses difficultés d'application et fournit souvent des résultats là où les autres méthodes sont en défaut. Toutefois, à cause de son caractère indirect, elle demande quelquefois un temps assez long pour compléter les observations sur une seule plaque. C'est pourquoi elle n'a pas été adoptée par les minéralogistes et les pétrographes d'une façon aussi rapide et aussi générale qu'on aurait pu l'attendre.

Le livre que vient de publier M. Nikitin, qui depuis de longues années a mis en pratique la méthode universelle sous la direction de l'auteur et a même contribué en plusieurs points à son perfectionnement, est de nature à attirer de nouveau l'attention sur elle et à en généraliser l'emploi.

Après une introduction sur la propagation de la lumière dans les milieux isotropes et anisotropes, l'auteur expose les problèmes fondamentaux concernant la détermination des propriétés optiques d'un minéral et les procédés utilisés pour la représentation graphique des résultats des observations. Le chapitre suivant est consacré à la description de la platine universelle, de son mode de réglage et de la fixation des préparations microscopiques. Tout le reste de l'ouvrage constitue la description détaillée de la méthode de Fédoroff : détermination du type de l'ellipsoïde, détermination de la position des éléments de l'ellipsoïde uniaxe ou biaxe, détermination de la biréfringence; l'auteur donne de nombreuses applications à des minéraux connus, en particulier aux feldspaths.

L'atlas contient un certain nombre de diagrammes destinés aux opérations graphiques de la méthode.

C'est la première fois que la méthode universelle de Fedoroff est présentée avec cette ampleur aux savants de langue française; nous ne doutons pas que les procédés du grand minéralogiste russe, si bien exposés par M. Nikitin, ne trouvent parmi eux un accueil favorable.

Louis Brunet.

Centnerszwer (M.), *Maître de conférences à l'Institut polytechnique de Riga.* — **Cours de Manipulations de Chimie physique et d'Electrochimie.** — *1 vol. in-8° de 182 pages avec 67 fig.* (*Prix : 6 fr.*). *Gauthier-Villars et Cie, Paris, 1914.*

Le livre que nous présente M. Centnerszwer n'est pas un simple manuel d'exercices physico-chimiques. Son but est plus élevé.

L'auteur a pensé avec raison qu'on ne saurait trop rappeler aux jeunes chimistes qui débutent dans la Chimie physique l'origine des lois fondamentales et la suite des idées qui y ont mené.

« Le but principal de ces exercices, dit-il, est de faciliter l'étude des lois physico-chimiques... les présentes manipulations doivent pousser les élèves à l'application consciente des idées et des lois théoriques... »

C'est ainsi que nous trouvons, à propos de la conductibilité électrique un exposé de la doctrine de la dissociation électrolytique, à propos des questions d'équilibre la démonstration de la loi d'action de masse. Quelques phrases mettent en relief l'importance de la chaleur de dilution, ou précisent brièvement le mécanisme de la pile électrique, celui de la polarisation... On indique la date des découvertes mémorables.

Les manipulations sont choisies avec soin et décrites, quand il le faut, avec une grande minutie (voir par exemple : p. 106, le calibrage du pont de Wheatstone; p. 135, la préparation et le tarage des pipettes).

Le livre comprend les chapitres suivants : propriétés des corps gazeux, propriétés des liquides, solutions diluées, dynamique chimique, thermochimie, électrochimie.

M. Centnerszwer a tenu sans doute à écrire lui-même son ouvrage en langue française; son style, très correct, est pourtant parsemé çà et là d'expressions un peu désuètes (polarisateur au lieu de polariseur, chargement de l'accumulateur au lieu de charge, mensurateur au lieu de mesureur[1]...).

Cet ouvrage rendra de grands services aux chimistes et peut être recommandé en toute assurance.

P. Th. Muller,
Professeur à l'Université de Nancy.

3° Sciences naturelles

Assheton (R.). — **Growth in length. Embryological Essays.** (Croissance en longueur. Essais embryologiques). — *1 vol. in-8° de XI-104 p. avec fig.* (*Prix cart. : 2 sh. 6 d.*). *University Press, Cambridge*, 1916.

Ce petit livre est constitué de deux parties : la première comprend trois leçons faites en 1913 à l'Université de Londres sur *la croissance en longueur de l'embryon des Vertébrés;* la seconde est la réimpression d'un mémoire sur le *mécanisme de la gastrulation* paru en 1910 dans les *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen.*

La question de la croissance en longueur de l'embryon des Vertébrés peut, comme le note l'auteur, apparaître à première vue de minime importance et facile à trancher. En réalité, elle présente tout à la fois au point de vue de l'Embryogénie et de ce qu'il est convenu d'appeler la Biologie générale un très grand intérêt, se rattachant d'une part au problème de la gastrulation et entraînant d'autre part, suivant la façon dont on la résout, des conclusions différentes en ce qui concerne la signification du métamérisme et même la phylogénie des Chordates; elle est, de plus, l'une des questions sur lesquelles les embryogénistes se trouvent être le moins d'accord.

Trois opinions sont, en effet, en présence :

1° L'accroissement de longueur de l'embryon s'effectue par croissance interstitielle (tous les faits expérimentaux sont d'ailleurs à l'encontre de cette hypothèse).

2° Il s'effectue par *concrescence* et coalescence des bords du blastopore primitif, la région postérieure de l'embryon se formant ainsi (His).

3° On peut enfin concevoir que cette région postérieure se développe aux dépens d'un centre secondaire de prolifération cellulaire.

C'est à cette dernière opinion que s'arrête l'auteur, s'attachant surtout à combattre la théorie de la concrescence de His, que beaucoup d'embryologistes admettent, et fondant sa manière de voir sur des résultats d'observations et même d'expériences dans le détail desquels il est difficile d'entrer ici.

Dans la seconde partie de son livre, M. R. Assheton aborde, comme il a été dit plus haut, le problème plus complexe encore (même chez l'*Amphioxus* où il paraît être relativement simple) du mécanisme de la gastrulation. Les considérations auxquelles il aboutit sont accompagnées de la relation d'expériences qui, pour être intéressantes, ne semblent cependant pas de nature à trancher cette difficile question ; et on éprouve en lisant cette seconde partie un regret que l'auteur n'ait pu complètement réussir à éliminer toute explication vitaliste.

D'une façon générale, l'ouvrage de M. R. Assheton est remarquable par l'originalité des vues qui y sont développées et par la clarté de leur exposition.

R. Anthony.

1. Pourquoi l'auteur conserve-t-il pour la quantité F le nombre 96,540 coulombs, au lieu du chiffre plus simple et plus correct de 96.500 qui correspond à l'équivalent 107,88 de l'argent?

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 25 Septembre 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **Emile Belot** : *L'origine des rotations et révolutions de sens direct ou rétrograde ainsi que des orbites cométaires.* L'auteur, en partant des principes de sa cosmogonie dualiste et tourbillonnaire, montre comment on peut expliquer facilement que, dans les systèmes de satellites, les révolutions rétrogrades seront toujours à l'extérieur, et que dans le système solaire, au delà de la région à rotation rétrograde et révolution directe, on pourra trouver des planètes à révolution rétrograde comme dans les systèmes de satellites ; — pourquoi, entre Saturne et Uranus il n'a pu se former de grosses planètes ; — pourquoi il y a autant de comètes directes que de rétrogrades, — toutes particularités qui étaient ignorées ou considérées comme des anomalies par la cosmogonie de Laplace et ses dérivées.

2° Sciences physiques. — MM. **M. Boll** et **L. Mallet** : *Détermination des constantes pratiques du tube de Coolidge.* Les auteurs ont reconnu que : 1° le tube Coolidge est très stable ; pour un voltage et un milliampérage donnés, le rayonnement X se maintient très longtemps, en conservant ses caractéristiques primitives ; 2° le tube Coolidge est très souple; il permet le passage immédiat du régime « mou » au régime « dur », aussi bien que le passsage inverse; 3° le rendement pratique du tube Coolidge est analogue à celui des autres tubes focus pour les rayons mous; mais il devient bien meilleur dès qu'on lui applique de grandes différences de potentiel ; 4° enfin le rayonnement émis peut être considérable, plus de 20 fois celui des ampoules usuelles (application à la radiographie instantanée). Notamment, on peut obtenir avec des rayons 10° B la même puissance rayonnée habituellement avec des rayons 70° B, ce qui offre un gros intérêt dans la radiothérapie des tissus profonds. — M. **J. Bougault** : *Sur les acidylsemicarbazides.* Les acidylsemicarbazides sont en général des corps à point de fusion élevé, fort peu solubles dans l'eau froide, assez solubles dans l'alcool chaud ou en présence de petites quantités d'HCl. Les monochlorhydrates sont des sels bien cristallisés et stables. Les alcalis libres et les acides minéraux, dilués et bouillants, saponifient les acidylsemicarbazides d'une part en acide libre, de l'autre en semicarbazide ou plutôt ses produits de décomposition : hydrazine, CO^2 et NH^3. Les oxydants produisent une saponification plus rapide, presque instantanée.

3° Sciences naturelles. — M. **Aug. Lumière** : *Action comparée des antiseptiques sur le pus et sur les cultures pures.* Les recherches de l'auteur montrent que, tout au moins dans les conditions où il s'est placé, les matières albuminoïdes du pus atténuent d'une façon peu appréciable le pouvoir bactéricide du phénol; cette action est un peu plus marquée dans le cas de l'hermophényl et devient très importante pour l'hypochlorite. Il faudra donc, dans le traitement par l'hypochlorite des plaies suppurées, employer des solutions relativement concentrées si l'on veut compter sur une activité antiseptique suffisante. — MM. **R. Wurtz** et **E. Huon** : *Variolisation des génisses immunisées contre la vaccine.* On sait que la variole peut être inoculée à la génisse, mais que cet animal y est assez peu réceptif. Les auteurs ont constaté qu'il en est tout autrement avec les génisses vaccinées avec du vaccin jennérien, chez lesquelles on peut déterminer facilement une éruption variolique généralisée dans un intervalle de 8 à 15 jours après la vaccination. Il en résulterait que, avant d'immuniser contre la variole, le virus jennérien, après avoir immunisé les humeurs contre la vaccine, sensibilise au contraire ces humeurs vis-à-vis de la variole, mais pour un temps très court. Dans ce cas, la variole et la vaccine seraient dues à deux organismes différents.

Séance du 2 Octobre 1916

1° Sciences physiques. — M. **P. Garrigou-Lagrange**: *L'action luni-solaire et la température.* L'auteur montre que l'amplitude et la situation des ondes lunaires de température varient avec la situation générale de l'atmosphère. Il ne suffit pas de les caractériser par des moyennes générales dont l'amplitude est toujours très faible ; il faut encore tenir compte de l'anomalie, de son signe et de sa situation. Ainsi, dans certains hivers, les périodes froides se succèdent de mois en mois, indiquant une action lunaire bien caractérisée, tandis que d'autres années n'offrent rien de semblable. La différence vient de l'époque où se produit la première anomalie : si elle se présente entre la nouvelle lune et le premier quartier, elle se reproduira avec son signe, positif ou négatif, au début de la lunaison suivante, d'autant plus forte que l'anomalie sera plus grande. — M. **G. Bigourdan** : *Sur la propagation à grande distance du bruit de la canonnade du front.* L'auteur signale le cas d'un ingénieur, âgé de 52 ans, rendu totalement sourd depuis l'âge de 6 ans par suite d'une méningite cérébro-spinale, qui, au début de l'offensive de la Somme, a perçu aux environs de Paris les coups de canon les plus sourds, et cela au même instant qu'une oreille ordinaire. Dans ce cas, on ne peut admettre que la propagation du son par le sol. — M. **J. Meunier** : *Recherches de petites quantités de sélénium et distinction de l'arsenic.* L'auteur a recherché le sélénium au moyen de l'appareil de Marsh, en opérant avec des réactifs d'une grande pureté qui ne donnent aucun dépôt dans une opération à blanc ; le dépôt formé présente, dans sa partie la plus épaisse, la coloration rouge du sélénium, ce qui le distingue de l'arsenic. On peut aussi déceler Se en faisant passer dans la solution à examiner, chauffée, un courant de H^2S ; au bout d'un certain temps, il se précipite du soufre très divisé, entraînant avec lui Se et As à l'état de sulfures. Ce soufre finit par s'agglutiner et prend une coloration brune quand il y a du sulfure de Se, tandis que le sulfure d'As ne change pas sa couleur.

2° Sciences naturelles. — M. **L. Camus** : *De l'immunité vaccinale consécutive aux injections intravasculaires de vaccin.* L'auteur déduit de ses expériences que le temps nécessaire à l'établissement de l'immunité vaccinale est variable avec la dose de vaccin employée. S'il n'est pas possible de supprimer entre la vaccination et l'immunité une certaine phase latente, phase d'incubation, du moins il est facile d'en modifier notablement la durée en augmentant ou diminuant la quantité du vaccin. Les influences individuelles qui peuvent toujours se rencontrer ont beaucoup moins d'importance que les quantités de vaccin mises en jeu. — M. **J. Amar** : *Technique de l'éducation sensitive pour amputés et aveugles.* L'auteur a employé, pour l'éducation de la sensibilité chez les amputés et les aveugles, les trois appareils suivants : 1° un bracelet à poids, qui se place à l'extrémité du moignon, et qui supporte un plateau feutré sur lequel sont placés des poids qu'on décharge progressivement; 2° une platine esthésiographique, plaque de laiton rectangulaire chauffée à 30°, au centre de laquelle se trouve une pointe mousse en ivoire qu'une vis micrométrique permet de faire saillir graduellement, et sur laquelle on promène le moignon ; 3° l'exercice du toucher sur des surfaces de courbures variées.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 26 Septembre 1916

M. **Gaucher** : *Syphilis héréditaire d'origine paternelle à la troisième génération.* L'auteur a eu l'occasion d'observer chez trois enfants des symptômes morbides bien marqués : 1° des dystrophies dentaires, une scoliose et des végétations adénoïdes; 2° une dystrophie cérébrale, de l'idiotie, des dystrophies dentaires et du strabisme; 3° de l'entérocolite et des végétations adénoïdes, qui sont dus à l'influence syphilitique héréditaire de l'*arrière-grand-père.* — M. **F. Barbary** : *Mise en état de défense de l'organisme infecté par une méthode nouvelle.* L'auteur, se basant sur le fait que les grands processus d'immunisation s'accompagnent d'une hypercholestérinémie qui semble présider à l'édification des anticorps, a cherché à mettre en état de défense l'organisme infecté en provoquant cette hypercholestérinémie par l'injection d'une préparation contenant : 20 cgr. de cholestérine pure, 50 cgr. de camphre et 1/2 mgr. de sulfate de strychnine pur pour une ampoule de 5 gr. d'huile d'olive lavée à l'alcool et stérilisée. L'application de cette méthode à plus de 1.500 malades et blessés de guerre a donné d'excellents résultats, puisque l'auteur n'a eu à déplorer que 13 décès.

Séance du 3 Octobre 1916

M. le Président annonce le décès de M. **Magnan**, membre de l'Académie, et de M. **Picot**, correspondant national.

Séance du 10 Octobre 1916

M. **G. Blechmann** : *Un procédé nouveau de transfusion du sang.* L'auteur a cherché à faire de la transfusion du sang une opération de petite chirurgie aussi facile à effectuer qu'une injection intraveineuse. Son procédé repose sur les principes suivants : 1° dérivation rapide du sang veineux du donneur vers la circulation du récepteur par application du phénomène physique du siphon; 2° dilution du sang en amont de l'appareil de transfusion par du sérum artificiel, grâce à un mode d'amorçage latéral; 3° emploi, dans la majeure partie de l'appareil, d'un tube de caoutchouc, corps qui, avec la paraffine, possède la propriété de retarder la coagulation du sang. On peut pratiquer avec l'appareil de l'auteur : *a*) une simple saignée; *b*) une saignée avec injection consécutive de sérum; *c*) une transfusion. Cet appareil rendra de grands services en chirurgie de guerre. — MM. **L. Martin** et **Aug. Pettit** : *Trois cas de spirochétose ictéro-hémorragique en France.* Cette maladie, connue jusqu'à présent seulement au Japon, vient d'être retrouvée par les auteurs sur trois soldats du front français. La recherche directe du parasite dans le sang ou les urines pouvant être négative, les auteurs recommandent l'injection de sang et d'urine au cobaye, qui produit la mort en une dizaine de jours, après hémorragies et phénomènes ictériques très intenses; à l'autopsie, le spirochète est facilement mis en évidence, notamment dans le foie, les reins et les surrénales. La maladie a, chez l'homme, une période d'incubation de 6 à 8 jours; elle est contagieuse, et des mesures prophylactiques devront être prises pour éviter qu'elle ne se généralise. En ce qui concerne la thérapeutique, il faut mettre en œuvre le traitement classique des ictères infectieux, notamment les bains. Mais il est probable que le traitement de l'avenir sera la sérothérapie, sur laquelle les auteurs font actuellement des essais. — M. **Petzetakis** : *Le syndrome méningé au cours de la fièvre récurrente.* Au cours de la fièvre récurrente, un syndrome méningé peut apparaître très fréquemment, qui est dû à l'augmentation de la pression du liquide céphalo-rachidien. Le liquide est clair et ne contient pas de spirilles, ni d'éléments cellulaires; il n'y a pas d'albuminose; le sucre reste normal. Exceptionnellement, on peut avoir une réaction puriforme aseptique. La ponction lombaire, dans ce cas, constitue un moyen sûr pour combattre la céphalalgie très intense. Le traitement par le néo-salvarsan est le traitement de choix. Le mercure et l'électrargol peuvent être essayés.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 22 Juin 1916

M. **S. J. Hickson** : *Evolution et symétrie dans l'ordre des Pennatulidés* (Croonian Lecture). Dans le règne animal, on trouve deux types dominants de symétrie du corps. Chez les animaux sédentaires ou flottants, la symétrie est fréquemment radiale; mais, chez les animaux libres qui se meuvent rapidement par leur activité musculaire propre, la symétrie est bilatérale. Dans les classes d'animaux aujourd'hui sédentaires, mais dont l'histoire du développement montre qu'ils descendent d'un ancêtre autrefois libre et à symétrie bilatérale, on observe généralement une symétrie radiale secondaire soit dans la forme du corps, soit dans l'arrangement des organes pour la capture de la nourriture. De même chez les Echinodermes, en particulier dans la classe des Holothuroïdées, on trouve des exemples d'animaux descendant d'un ancêtre sédentaire et à symétrie radiale et ayant pris, en devenant libres et en accroissant leur activité musculaire, une symétrie bilatérale secondaire. Dans les groupes d'animaux, sédentaires ou flottants, à symétrie radiale, on observe, en général, un bien plus grand intervalle de variabilité que chez ceux qui sont bilatéralement symétriques, et, en cherchant à les classer en genres et en espèces d'après le système de Linné, le zoologiste trouve un si grand nombre de cas de superposition et de fusion qu'il en vient à douter de l'existence de groupes spécifiques discontinus dans la Nature. Dans l'ordre des Pennatulidés, il existe une série complète de formes reliant les colonies à symétrie radiale des genres *Veretillum* et *Cavernularia* avec les genres *Pennatula* et *Pteroeides* à symétrie bilatérale. Dans cette série, l'intervalle de variation est bien plus prononcé pour la première symétrie que pour la seconde. Ainsi des caractères comme les dimensions des zooïdes, les dimensions et la forme des spicules, la longueur de l axe présentent des variations remarquables chez les genres à symétrie radiale, tandis que dans les genres à symétrie bilatérale ces caractères sont beaucoup plus fixés et peuvent être employés, en général, à la détermination des espèces. Ayant examiné un grand nombre de Pennatulacées recueillies par l'expédition de la *Siboga* ou conservées dans diverses collections, l'auteur estime que, dans quelques genres à symétrie radiale, il n'y a pas une discontinuité de structure suffisante pour justifier leur division en groupes spécifiques. Si cette vue est exacte, l'évolution de ces groupes discontinus de formes qui sont communément considérés comme espèces serait en relation avec le passage d'une symétrie radiale à une symétrie bilatérale du corps. Les preuves que nous possédons actuellement conduisent à la conclusion que les Pennatules à symétrie radiale sont plus primitives que celles à symétrie bilatérale, et il est vraisemblable que les premières dérivent d'un ancêtre alcyonnaire flottant ou dérivant.

Séance du 29 Juin 1916

1° Sciences physiques. — M. **C. T. R. Wilson** : *Quelques déterminations du signe de la grandeur des décharges électriques dans l'éclair.* L'auteur a mesuré les variations subites produites dans le gradient du potentiel en un point de la surface terrestre par les décharges de l'éclair, la distance approximative de la décharge étant généralement déterminée d'après le temps écoulé depuis le bruit du tonnerre. Par la même méthode, il a mesuré aussi en valeur absolue le gradient de potentiel et le courant terre-air. Cette méthode repose sur la détermination des quantités d'électricité qui passent entre un conducteur exposé et la terre à travers un instrument de mesure, de telle façon que le potentiel du conducteur exposé ne diffère jamais de zéro de plus de

quelques millièmes de volt. L'auteur a construit dans ce but un électromètre capillaire spécial. Le conducteur exposé consiste généralement en une masse de terre dont la surface supérieure plane est au-dessus du niveau du sol environnant. Quand une décharge tombe en terre à une distance suffisante, son moment électrique (produit QH de la quantité d'électricité déchargée par la hauteur moyenne d'où elle provient) peut être considéré comme égal à $FD^{3}/_{2}$, où F est la variation résultante du champ électrique au lieu d'observation et D la distance de la décharge. L'observation des effets des décharges à différentes distances donne des indications sur les valeurs de chacun des facteurs Q et H. Les résultats obtenus pour un orage du 15 août 1915 indiquent que les décharges étaient toutes approximativement égales, Q étant égal à environ 33 coulombs et H de l'ordre de 10 kilomètres. — MM. **T. R. Merton** et **J. W. Nicholson** : *Phénomènes en relation avec les spectres de l'hydrogène et de l'hélium.* Les auteurs ont trouvé une méthode pour la détermination exacte des intensités photographiques des lignes spectrales et la réduction de ces intensités aux valeurs absolues par comparaison avec la radiation continue du corps noir de l'arc au carbone. En étudiant par ce moyen la distribution de l'intensité relative dans les spectres de H et He, sous différentes conditions d'excitation, ils ont trouvé que, dans certaines conditions spécifiées, il y a un transport d'énergie des longueurs d'onde les plus longues aux plus courtes dans chaque série, et que, dans ces conditions, les séries associées, en particulier la série diffuse, sont relativement renforcées aux dépens de la série principale. Les auteurs ont pu également reproduire approximativement au laboratoire la distribution d'intensité trouvée dans certains spectres célestes. En étudiant les séparations des composantes des lignes de la série de Balmer de l'hydrogène, ils ont trouvé pour les valeurs moyennes des séparations des doublets constituant les lignes $H\alpha$ et $H\beta$ les nombres 0,132 et 0,33 unité Angstrom. Ces valeurs sont de l'ordre des séparations propres à une série principale, et la première concorde bien avec celle de Buisson et Fabry. — M. **J. Joly** : *La genèse des halos pléochroïques.* Les halos dus à l'uranium-radium et au thorium se développent tous deux suivant les mêmes lois, certaines structures internes apparaissant d'abord sous forme de halos circulaires. L'addition à ceux-ci des traits les plus extérieurs dus à Ra C ou Th C^2 apparaît de bonne heure ; les détails intermédiaires suivent. Il existe certainement une cause qui modifie les effets de la divergence des rayons vers l'extérieur. L'auteur suppose que le « renversement » des effets des excitations ionisantes primitives par des excitations subséquentes d'intensité différente — tel qu'on l'observe dans les milieux photosensibles — donnerait une explication de l'écart à la loi de l'inverse du carré. En basant la formation du halo sur l'addition de rayons parallèles de parcours convenables, on obtient un accord remarquable entre la théorie et l'observation dans le cas du halo du thorium. Dans le cas du halo de l'uranium-radium, les traits extérieurs concordent aussi avec la théorie, mais ceux qui sont attribuables aux rayons de faible parcours sont inexplicables. L'auteur a identifié des halos dérivant de l'émanation du radium comme substance primaire, et aussi des halos qu'il considère comme « halos renversés ».

2° Sciences naturelles. — M. **S. R. Douglas** : *Le rôle des fluides sanguins dans la digestion intraleucocytique.* Rosenow est arrivé à la conclusion que la variation dans le degré de digestion subi par les micro-organismes après leur ingestion par les leucocytes est due à une propriété du sérum tout à fait indépendante du pouvoir opsonique. Il estimait d'autre part que le sérum influe sur la digestion des bactéries englobées en agissant directement sur les leucocytes, mais non sur le bactéries, en stimulant les premiers de façon à leur donner un plus grand pouvoir digestif. Les expériences de l'auteur confirment les résultats de Rosenow en ce qui concerne la première conclusion ; mais, contrairement à la seconde, elles montrent définitivement que les fluides sanguins agissent directement sur les bactéries et sur les corpuscules rouges du sang, en les préparant pour la digestion par les leucocytes. Le chauffage du sérum normal à 60° pendant quelques minutes détruit complètement cette propriété. — M. **T. Goodey** : *Nouvelles observations sur les Protozoaires et leurs rapports avec les Bactéries du sol.* 1° Les Protozoaires, en particulier les Amibes du groupe *limax*, et d'autres formes plus grandes, peuvent mener une existence active, se multiplier dans le sol et exercer un effet déprimant sur le nombre des Bactéries. 2° Il est probable que, pour un sol donné, il faut atteindre un certain nombre de Protozoaires avant que le nombre de Bactéries diminue. Dans les sols étudiés par l'auteur, ce nombre paraît être approximativement de 30.000 *Amoeba limax* par gramme. 3° Il paraît nécessaire d'ajouter à un sol traité les Protozoaires dans une petite quantité de sol non traité afin d'assurer un milieu convenable pour leur croissance et leur multiplication. Dans ces conditions, les Amibes augmentent en nombre et diminuent le nombre des Bactéries. 4° Il ne paraît pas possible de faire des inoculations en masse de Protozoaires dans les sols traités pour limiter l'activité bactérienne, car les sols traités semblent constituer un milieu défavorable à l'existence trophique active des Protozoaires.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 30 Juin 1916

MM. **P. E. Shaw** et **C. Hayes** : *Un magnétomètre sensible.* Une balance de torsion d'une extrême délicatesse porte une paire de boules de l'argent le plus pur, pesant 3 gr. chacune. Un solénoïde dont l'axe horizontal passe par l'une des boules d'argent est amené à proximité immédiate de la balance. En excitant le solénoïde, on produit des champs divergents de force connue dans la région de la boule. L'attraction qui en résulte de la boule vers le solénoïde est mise en évidence par un miroir réfléchissant une échelle éloignée sur un télescope. Le couple de torsion nécessaire pour produire une déviation de l'échelle de 1 mm. est de $4,5 \times 10^{-7}$ dyne-cm., et la balance de torsion est 10^6 fois aussi sensible que toutes celles qui ont été employées dans ce genre de recherches. Par leurs expériences, les auteurs ont déterminé les propriétés magnétiques de l'argent, même pour les champs aussi faibles que 1-10 gauss. L'argent a une retentivité prononcée, peut-être due à une faible trace de fer. Les auteurs ont également déterminé le rapport de la susceptibilité de l'argent au champ employé. — M. **H. S. Allen** : *La chaleur latente de fusion d'un métal et la théorie des quanta.* L'auteur critique une théorie de la fusion récemment proposée par Ratnowsky. Cet auteur, en se basant sur certaines hypothèses, a obtenu une expression pour l'entropie d'une substance à l'état solide ; il en déduit ensuite une formule simple applicable aux hautes températures. M. Allen montre que cette formule est incorrecte, par suite de l'omission d'un terme dans la dilatation. Supposant, avec Ratnowsky, que l'entropie à l'état liquide peut être calculée par les mêmes moyens qu'à l'état solide, il arrive à une expression correcte pour la chaleur atomique de fusion, qui est égale à la différence entre les entropies multipliée par la température du point de fusion. Ratnowsky, en prenant les valeurs de la chaleur atomique de fusion déterminées expérimentalement, avait calculé le rapport des « températures caractéristiques » pour un certain nombre de métaux et était arrivé à la conclusion que ce rapport est approximativement constant. Ces valeurs ont été calculées par la formule corrigée, et elles sont loin d'être constantes. Le rapport calculé pour le mercure par une méthode indépendante ne concorde pas avec la conclusion de Ratnowski.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 21 15 NOVEMBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Art de l'Ingénieur

Canons sans poudre. — On avait essayé, jadis, à diverses reprises, de lancer des projectiles au moyen d'agents de propulsion autres que la poudre. S'il faut en croire Léonard de Vinci, l'idée première du canon à vapeur remonterait à Archimède, et l'auteur de la *Joconde* avait lui-même esquissé le projet d'une arme de ce genre, qu'il appelait *architonitro* (architonnerre). Le croquis qu'il en a laissé dans un de ses manuscrits permet de se rendre compte que la vapeur n'y pouvait agir qu'en le faisant éclater en mille morceaux. L'architonnerre, s'il avait été construit et essayé, aurait été certainement beaucoup plus dangereux pour les tireurs que pour l'ennemi.

En 1695, Denis Papin, passant de la théorie à la pratique, réalisa un canon à vapeur, qui creva pendant les expériences et blessa plusieurs personnes. Au début du XIXe siècle, James Watt, en Angleterre, et Philippe de Girard, en France, s'attachèrent au même problème, sans plus de succès. En 1814, des canons à vapeur avaient été préparés pour la défense de Paris, mais on ne s'en servit pas. Une pièce d'artillerie du même système, due à l'Américain Jacob Perkins, fut expérimentée, en 1828, au polygone de Vincennes, et ne produisit, sous le rapport de la pénétration et de la portée, que les deux tiers des effets d'un canon ordinaire de même calibre.

Les armes à air comprimé sont également d'origine fort ancienne. La première avait été construite, plus de 100 ans avant notre ère, par Ctésibius d'Alexandrie, qui en avait emprunté l'idée au physicien Héron. Au XVIe siècle, un mécanicien français, Marin Bourgeois, avait imaginé une *arquebuse à vent*, qui fut essayée en présence du roi Henri IV. En 1831, Perrot, de Rouen, avait construit deux canons à air comprimé, et leurs effets destructeurs furent très remarqués ; mais des raisons de politique en empêchèrent l'adoption, et l'inventeur fut même engagé à ne pas en publier les nouvelles dispositions.

Ces tentatives furent reprises, en 1883, par Meffort. On commençait alors à employer des obus remplis d'explosifs, et il paraissait dangereux de mettre plusieurs kilogs de dynamite si près d'une charge de poudre. L'air comprimé supprimait ce danger et offrait, en outre, l'avantage de pousser le projectile avec une pression constante ; tandis que la poudre noire, seule employée jusque-là, violente et brusque dans son action, était loin de réaliser l'idéal des explosifs balistiques. C'est en Amérique que l'étude du canon pneumatique fut poussée au plus haut degré de perfectionnement. Le 20 septembre 1885, Zalinski en essayait un de 8 pouces et détruisait, en quatre coups, un vieux shooner, le *Sullivan*, à la distance de 1.700 mètres. Le poids du canon était de 2.040 kilogs ; celui de l'affût et des organes accessoires, de 17.000 kilogs, et le tout revenait à 30.000 francs. La vitesse du tir était d'un coup par minute. Avec une pression de 68 kilogs et demi par centimètre carré et un angle de tir de 32 degrés, la portée atteignait 3.600 mètres. Le Gouvernement américain avait décidé la construction d'un croiseur qui devait être armé de canons pneumatiques Zalinski de 15 pouces, lançant des projectiles contenant 272 kilogs d'explosifs ; mais, sur ces entrefaites, les poudres progressives à la nitrocellulose commençaient à être appliquées, avec le plus grand succès, et le silence se fit sur le canon pneumatique.

Nous le voyons maintenant reparaître, dans les tranchées, sous la forme plus modeste de lance-bombes, et les services qu'il y rend sont très appréciés. L'air dont la détente doit chasser le projectile est comprimé au moyen d'une simple pompe d'automobile ; l'agent propulsif est ainsi créé sur place, au fur et à mesure des besoins du tir, sans risques d'accidents. Sa puissance n'est, sans doute, pas comparable à celle de la poudre B, mais elle est cependant suffisante pour envoyer à 300 mètres une grosse grenade explosive. La précision du tir a dépassé les prévisions les plus optimistes, et la pièce est d'autant plus difficile à repérer que l'ennemi n'aperçoit ni fumée ni flamme.

§ 2. — Physique

Sur l'apparition d'une force électromotrice dans les métaux en mouvement accéléré. — Les théories modernes de l'électricité conduisent

à admettre que le passage d'un courant électrique dans un métal consiste réellement dans le déplacement d'électrons libres contenus à l'intérieur du métal. S'il en est ainsi, on peut prévoir l'existence d'un certain nombre d'effets dus à la masse de ces électrons. En particulier, l'extrémité postérieure d'une tige métallique animée d'un mouvement accéléré doit s'électriser négativement, par suite du retard des électrons libres que renferme le métal; la périphérie d'un disque mis en rotation doit également s'électriser négativement grâce à l'action de la force centrifuge sur les électrons du disque. De tels effets doivent être très faibles, à cause de la masse très faible des électrons.

Dans les électrolytes, ces phénomènes sont plus aisés à mettre en évidence, par suite de la masse relativement considérable des ions porteurs d'électricité, et ils ont été constatés depuis déjà longtemps. Les premières recherches, dues à Colley[1], en 1882, ont été faites avec un tube contenant une solution d'iodure de cadmium et muni d'électrodes à ses deux extrémités; on donnait au tube une accélération négative instantanée en le laissant tomber et l'arrêtant brusquement dans du sable; on notait le courant électrique produit à l'aide d'un galvanomètre mis en communication avec les électrodes. Des mesures plus précises ont été faites par Tolman et Osgerby[2] sur différents électrolytes (KI, NaI, LiI), en faisant varier l'accélération et les distances entre les électrodes. La méthode qui utilise l'effet de la force centrifuge conduit, dans les électrolytes, à des effets plus faciles à vérifier. Tolman[3], à l'aide d'une centrifugeuse puissante, a fait une étude systématique du phénomène pour quatre électrolytes différents (KI, Na I, LiI, HI) et a obtenu des résultats en parfait accord avec la théorie.

Dans le cas des conducteurs métalliques, Maxwell[4] a été le premier, non seulement à discuter la nature des phénomènes qui pourraient se produire si une masse pondérale devait être associée à l'électricité dans les métaux, mais aussi à essayer des expériences pour les déceler. Seulement, comme il n'avait aucun moyen de prévoir la grandeur possible de ces phénomènes, s'ils existent, puisque ses recherches sont antérieures à l'établissement de la théorie électronique, il s'est contenté d'enregistrer le résultat négatif de ses expériences, sans donner aucun renseignement sur les dimensions ou la précision des dispositifs qu'il a utilisés. Lodge[5] mentionne également le résultat négatif d'expériences semblables.

Les premiers essais ayant donné des renseignements quantitatifs sont ceux de Nichols[6], effectués par la méthode de la force centrifuge, à l'aide d'un disque d'aluminium muni de balais disposés au centre et sur le pourtour du disque, et reliés à un galvanomètre. Les contacts des balais, en particulier celui qui se trouve sur la périphérie dont la vitesse linéaire est très grande, introduisent nécessairement des forces électromotrices notables et soumises à des variations accidentelles; néanmoins Nichols a pu conclure de ses expériences que la masse du support de l'électricité, dans les métaux, est moindre que celle de l'atome d'hydrogène.

En 1913, Tolman, Osgerby et Stewart ont établi, par la méthode du mouvement accéléré, que l'effet envisagé est si faible, dans les métaux, s'il existe, que la masse du support de l'électricité est inférieure à $\frac{1}{2000}$ de celle de l'atome d'hydrogène.

1. Colley : *Wied. Ann.*, t. XVII, p. 55; 1882.
2. Tolman, Osgerby and Stewart : *J. Am. Chem. Soc.*, t. XXXVI, p. 466; 1914.
3. Tolman : *Proc. Am. Acad.*, t. XLVI, p. 109; 1910; *J. Am. Chem. Soc*, t. XXXIII, p. 121; 1911.
4. Maxwell : *Treatise on Electricity and Magnetism*, 3e éd. (1892), t. II, pp. 211 et suiv.
5. Lodge : *Modern Views on Electricity*, 3e éd. (1907), p. 39.
6. Nichols : *Physik. Z.*, t. VII, p. 640; 1906.

Dans des expériences récentes, MM. Tolman et Stewart[1] ont pu, en utilisant un galvanomètre plus sensible et éliminant un à un les phénomènes parasites qui prennent de l'importance pour de grandes sensibilités, obtenir des effets perceptibles attribuables à la masse des porteurs d'électricité dans les métaux.

Dans ces recherches, les auteurs utilisent l'effet produit par le mouvement accéléré d'un conducteur métallique; une bobine de fil ABC peut être mise en rotation autour de son axe, dans un sens quelconque, et amenée subitement au repos. Les deux extrémités D et E du fil, amenées au voisinage du centre de la bobine, sont mises en communication, par l'intermédiaire d'une bobine compensatrice, avec un galvanomètre balistique destiné à mesurer la quantité d'électricité qui prend naissance lors de l'arrêt brusque de la bobine mobile ABC. Cette mise en liberté d'électricité tient à ce que, grâce à la quantité de mouvement qu'ils possèdent, les électrons de la bobine en rotation, ABC, continuent à se déplacer après que le mouvement de rotation a cessé, jusqu'à ce que l'action des forces électriques et des forces mécaniques qui agissent sur eux ait détruit cette quantité de mouvement.

Si l'on désigne : par l la longueur du fil enroulé sur la bobine (fil en mouvement), par R la résistance totale du circuit relié au balistique, par m la masse associée à la charge atomique F (= 96.500 coulombs), par v la vitesse tangentielle de la bobine au moment de l'arrêt, par k une constante inconnue, mais sans doute petite vis-à-vis de m, la théorie indique que la quantité d'électricité produite Q est donnée par la formule :

$$Q = \frac{(m-k)\,vl}{RF}.$$

Les expériences ont permis de vérifier cette formule. Elles fournissent pour $m - k$ une valeur moyenne égale à 1/1910 de la masse de l'atome d'hydrogène, c'est-à-dire légèrement inférieure à celle qui représente la masse des électrons en mouvement lent dans un espace libre (soit 1/1845). Elles permettent également d'obtenir quelques renseignements sur le mécanisme de la conduction métallique et sur la nature des électrons. En particulier, elles semblent s'interpréter plus aisément dans la théorie déjà classique des électrons libres, susceptibles de se déplacer sous l'action d'un champ électrique, que dans celle, toute récente, de J.-J. Thomson, qui admet la présence, dans un métal, d'atomes particuliers analogues à des doublets électriques s'orientant parallèlement à la direction du champ électrique. Ces atomes sont supposés capables d'émettre des électrons dans la direction de l'axe du doublet, en sorte que la propagation de l'électricité s'effectue par suite de l'orientation des doublets sous l'action de la force électromotrice appliquée et du passage consécutif d'électrons d'un atome à l'autre dans le sens du courant. Il semble très improbable, concluent les auteurs, qu'une semblable théorie puisse être mise d'accord avec les résultats des expériences qu'on vient de rapporter; il serait, en effet, très surprenant que des forces mécaniques puissent produire une orientation des doublets dans la direction voulue et de la grandeur requise pour la production de la quantité d'électricité indiquée par la théorie ancienne et vérifiée par l'expérience.

A. B.

Sur quelques propriétés des gouttelettes de mercure qui interviennent dans les mesures électroniques. — En vue des mesures électroniques, le mercure présente plusieurs avantages : il peut être aisément obtenu sous forme de gouttelettes par différentes méthodes; c'est un liquide : on est donc assuré que les gouttelettes ont une forme sphérique; sa densité et sa viscosité ont une valeur bien connue et qui demeure constante aux températures ordinaires. Un

1. *The Physical Review*, 2e série, t. VIII, p. 97; août 1916.

inconvénient sérieux provient de ce qu'il est difficile, à cause du pouvoir réflecteur élevé du mercure, d'obtenir au microscope une image bien définie pour des sphères dont le rayon ne dépasse pas quelques longueurs d'onde lumineuses.

M. L. M. Mc Keehan[1] décrit une méthode ingénieuse qui permet d'obtenir le rayon de très petites sphères de mercure avec une erreur moindre que 1 ou 2 °/₀. Les gouttelettes étant déposées sur une lame de verre qu'on observe au microscope, on dispose, sur le même plan que la goutte, deux lampes à incandescence à verre dépoli, de part et d'autre du microscope et à 20 cm. de l'axe. La gouttelette en donne deux images entourées d'anneaux de diffraction qui sont nettement visibles sur le fond noir constitué par la sphère elle-même. Quand les centres des deux groupes d'anneaux sont aussi nets que possible, on mesure leur distance qui fournit la valeur de $a\sqrt{2}$, a désignant le rayon de la sphère. La méthode permet, comme on l'a dit, une assez grande précision : une erreur de mise au point suffisante pour rendre l'éclat de la tache centrale très faible vis-à-vis de celui du premier anneau (erreur qui, pratiquement, ne saurait passer inaperçue) est sans influence sur la distance mesurée entre les deux centres, alors que la même erreur de mise au point entraîne une altération du contour apparent de la sphère qui rend la mesure du diamètre impossible par la méthode ordinaire.

M. Mc Keehan a effectué des mesures sur un grand nombre de sphères et a poursuivi ses observations pendant un temps assez long (une dizaine de jours). Il a constaté, dans chaque cas, une diminution du rayon. La loi de cette variation, fournie par la considération de $-\frac{da}{dt}$, dépend du rayon de la sphère, de son âge, et des conditions où elle a été soumise.

Des sphères mises dans l'air sec atteignent un état final pour lequel la vitesse de diminution du rayon est sensiblement indépendante du temps et en raison inverse du rayon, entre $a = 10^{-4}$ cm. et $a = 10^{-3}$ cm. La valeur de $-\frac{da}{dt}$ pour $a = 4.10^{-4}$ est d'environ $1{,}4 \times 10^{-10}$ cm. sec.

La diminution totale de a, avant que l'état final soit atteint, varie de 10 à 50 °/₀, le maximum de décroissance étant plus grand pour les sphères plus petites.

La présence autour des gouttelettes d'une atmosphère réductrice (CO,H) exerce une influence sur la variation du rayon.

L'évaporation d'une surface de mercure à la température de l'expérience est plus que suffisante pour rendre compte de la vitesse maxima de décroissance observée. Comme un courant gazeux n'a qu'une influence insignifiante sur la vitesse, il faut admettre que la diffusion maintient la pression de la vapeur, dans le voisinage d'une gouttelette isolée, bien au-dessous de la pression de saturation. La présence d'une mince couche gazeuse ne participant pas à la circulation générale expliquerait la faible valeur de la vitesse d'évaporation (inférieure à 1 °/₀ du maximum théorique pour un vide parfait). Une altération de la surface du mercure se produit dans l'air ; elle peut être due à un oxyde de mercure qu'on enlève mécaniquement par un liquide et qui disparaît chimiquement dans une atmosphère réductrice.

La variation de la grandeur des gouttelettes de mercure, l'altération de leur surface peuvent ne pas être négligeables au point de vue de la correction qu'on apporte à la formule de Stokes, pour les déterminations électroniques, surtout dans le cas des sphères de très petit diamètre où la correction à la loi de Stokes prend une importance considérable.

A. B.

Le radiostéréomètre Tauleigne-Mazo. — Le radiostéréomètre Tauleigne-Mazo a pour but de permettre l'examen stéréoscopique des clichés pris en radiographie, et le repérage en profondeur des corps étrangers à l'organisme : balles, éclats d'obus, etc.

La prise du couple stéréoscopique nécessaire est facilitée par l'emploi d'un châssis spécial, constitué par une gaine plombée, à l'intérieur de laquelle glisse une planche supportant la plaque photographique. La gaine n'est d'ailleurs plombée que pour moitié, et permet d'impressionner la plaque en deux expositions successives.

Il va sans dire que toutes les conditions pour la prise d'un bon cliché radiographique doivent être remplies : focus bien réglé, rayons de moyenne pénétration (degrés Benoist VI ou VII, 11 à 13 cm. d'étincelle équivalente), temps de pose, etc. Le focus doit être parfaitement centré par rapport au cliché et au membre examiné. Ce membre a été immobilisé sur la partie non plombée de la gaine, de façon que le « rayon normal » passe par le point le plus intéressant (projectile, fracture osseuse), et sa position reste invariable.

Au moment d'impressionner la seconde moitié de la plaque, on déplace le focus (préalablement fixé à 50 cm. au-dessus de la gaine) parallèlement au grand axe de symétrie de la plaque elle-même. Ce déplacement pourrait être inférieur ou égal à 6,5 cm., écartement normal des yeux : il est ici de 4 cm. dans un sens ou dans l'autre. On retire la plaque, on la retourne autour de son petit axe de symétrie, et on la remet en place dans la gaine; puis on expose pour la seconde fois. Grâce au retournement, une moitié du cliché a été impressionnée par le côté gélatine, et l'autre moitié par le côté verre : les deux images sont parfaitement symétriques. Il en résulte qu'à la reconstitution stéréoscopique, nous aurons à volonté soit le relief direct (sens antéro-postérieur), soit le relief pseudoscopique (sens postéro-antérieur), qu'on pourrait peut-être plus justement appeler relief « rétroscopique ».

Pour l'examen stéréoscopique, le double cliché, qu'on suppose bien uniforme comme transparence et finesse de détails, est placé dans la rainure C du radiostéréomètre (fig. 1).

L'instrument se compose d'une cage en bois dont les parois internes sont noircies. Le fond est fermé par une plaque de verre dépoli V. Une autre plaque de verre, sur laquelle sont tracées des verticales équidistantes à

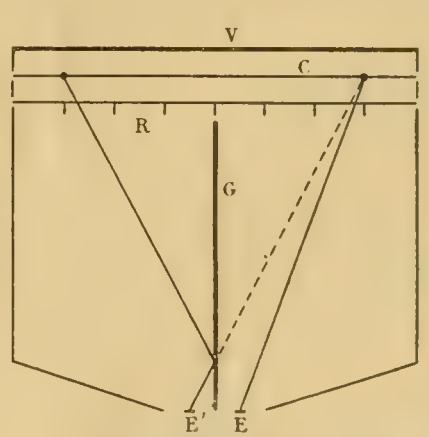


Fig. 1. — *Schéma du radiostéréomètre Tauleigne-Mazo.* — V, verre dépoli; C, cliché à examiner; R, réseau; G, glace; E, E', yeux de l'observateur.

4 cm. d'intervalle, constitue le réseau R, et est susceptible de se déplacer latéralement sous l'action d'un pignon engrenant sur une crémaillère. Les yeux de l'observateur en E et E' regardent dans la même direction, à droite ou à gauche. Dans la figure 1 par exemple, l'œil droit voit l'image droite directement; l'œil gauche ne voit l'image gauche correspondante qu'après une réflexion sur la glace G. Cette glace est constituée par

1. *The Physical Review*, 2e série, t. VIII, p. 142; août 1916.

une plaque de verre épaisse, argentée sur ses deux faces, et supprimant toute double réflexion. L'image réfléchie se superpose exactement à l'image directe, puisque les deux moitiés du cliché sont symétriques : on se trouve donc réaliser les conditions de la vision stéréoscopique. En fait, l'observateur a, presque instantanément, la sensation très nette du relief, et peut avec la plus grande facilité effectuer une exacte localisation anatomique de toute lésion osseuse ou de tout corps opaque étranger à l'organisme.

D'autre part, la localisation mathématique en profondeur d'un projectile par rapport à un repère donné est possible grâce au réseau R. En effet, à tout déplacement *latéral* du réseau correspond un déplacement apparent *en profondeur* du plan qui contient ses verticales. L'aiguille d'un cadran convenablement gradué commande le déplacement latéral de R, et permet de lire les profondeurs. Les mesures sont rapides, et d'une précision largement suffisante pour le chirurgien, puisqu'elles sont exactes au millimètre ou à une fraction de millimètre près. Le repère métallique donné est au contact de la peau sur la plaque photographique : pour un déplacement latéral δ du réseau, les profondeurs au-dessus de ce repère sont tirées de la formule :

$$y = \frac{50\,\delta}{2 + \delta},$$

établie en tenant compte des conditions dans lesquelles est construit l'appareil. Les mesures sont donc indépendantes de l'écartement des yeux chez l'observateur, et aussi de la déformation des images.

Une graduation supplémentaire du cadran en centimètres et millimètres permettrait de mesurer les distances de deux points situés sur une même droite parallèle au grand axe de la plaque. Soit δ le déplacement latéral du réseau comme plus haut; d la distance des

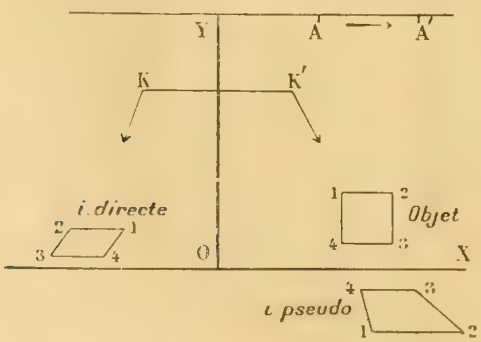


Fig. 2. — *Schéma des images, directe et pseudoscopique, données par le radiostéréomètre.*

deux points sur *une des deux*[1] images; x la distance réelle des deux points : on aurait,

$$x = \frac{2d}{2 + \delta}.$$

La graduation permettrait de mesurer d et δ; et x serait donné par un calcul très simple.

Les deux images, directe et pseudoscopique, vues au radiostéréomètre, sont toutes deux déformées et agrandies. La figure 2 pourra donner une idée de cette déformation.

En raison des services qu'il peut rendre, le radiostéréomètre Tauleigne-Mazo devrait avoir sa place marquée dans tous les centres radiologiques et chirurgicaux : nous lui souhaitons la plus large diffusion pour le plus grand bien des blessés de la guerre.

C. L.

1. C'est-à-dire sur une seule moitié de la plaque : mesurer d par exemple à droite, en fermant l'œil gauche.

§ 3. — Electricité industrielle

L'électrification d'une ligne ferrée américaine. — La compagnie de chemins de fer *Chicago, Milwaukee and Saint Paul Railway* vient de procéder à l'électrification de la partie de son réseau qui s'étend entre Harlowton, Montana et Avery, dans l'Idaho, sur une longueur de près de 700 kilomètres. Cette ligne présente un parcours très accidenté : elle traverse les Montagnes Rocheuses et deux autres chaînes montagneuses où les rampes sont très marquées; une, notamment, entre Piedmont et Donald, présente une pente de 1/50 sur plus de 30 kilomètres; une autre, de 1/20, s'étend sur 77 kilomètres le long du versant des Bels Mountains. Les courbes également sont assez dures, et l'on rencontre 36 tunnels, dont l'un de trois kilomètres.

On a utilisé du courant continu à 3.000 volts, fourni aux locomotives électriques par l'intermédiaire de frotteurs à pantographe frottant sur des fils aériens. Les locomotives électriques avaient d'abord été mises en service à la fin de 1915 sur quelques 170 kilomètres; en avril le service électrique a été étendu à une longueur de 330 kilomètres; l'électrification complète, sur tout le réseau indiqué, vient de se terminer en novembre.

On a constaté immédiatement que, grâce à l'électrification, on pouvait réduire d'une façon très notable les temps de parcours. Ainsi, sur la rampe entre Piedmont et Donald, l'horaire des trains de voyageurs a pu être ramené de 65 à 40 minutes seulement; entre Deer Lodge et Butte, l'électrification a permis une réduction d'environ 30 minutes sur un parcours de 80 minutes. Les trains de voyageurs directs de bout en bout du réseau sont au nombre de deux seulement par jour (les trains étant toujours assez rares aux Etats-Unis); ces trains, qui pèsent 650 tonnes environ, conservent leurs mêmes locomotives électriques sur le parcours de Deer Lodge à Harlowton, soit 330 kilomètres environ, simplement avec un changement d'équipe de mécaniciens, alors qu'autrefois il fallait également changer de locomotive à moitié route.

Pour ce qui est des trains de marchandises, on a constaté que, sur les 160 kilomètres de la première division, les locomotives électriques permettent d'effectuer en sept à huit heures un parcours qui réclamait dix à douze heures avec les locomotives à vapeur. On peut donner, suivant les habitudes américaines, à ces trains de marchandises, un poids atteignant jusqu'à 3.000 tonnes (non compris le poids de la locomotive), au moins dans la direction Est; dans la direction Ouest, le poids peut être élevé jusqu'à 2. 800 tonnes, en utilisant, sur les rampes les plus marquées, des locomotives de renfort. Sur les portions du réseau où les rampes sont au contraire faibles, ne dépassant par 1/100, on met en circulation, avec une seule locomotive, des trains de 130 wagons représentant un poids énorme de 4.000 tonnes. La traction électrique assure donc la circulation de trains beaucoup plus lourds, ce qui permet d'économiser très notablement sur les frais d'exploitation, en même temps que d'augmenter le débit de la ligne. On a dû allonger les voies de garage dans toutes les gares principales pour recevoir les trains beaucoup plus longs que l'on fait circuler. Les machines électriques se sont montrées assez indifférentes aux conditions atmosphériques très extrêmes des régions traversées, ce qui n'était pas le cas même des admirables machines compound Mallet, qui gelèrent parfois en hiver sur différents points du parcours.

Pour l'exploitation électrique, on a adopté le principe de la récupération d'une partie de l'énergie à la descente des pentes : ceci, en renversant le fonctionnement des moteurs, en les faisant agir comme générateurs, le courant produit par eux étant envoyé dans le système des conducteurs de distribution, et pouvant être employé pour actionner les autres trains qui, au contraire, remontent les rampes. Cette disposition, qui semble se généraliser dans bien des pays, réduit les frais d'exploitation, assure une économie que l'on calcule à environ

15 % de la consommation totale de la puissance motrice. On arrive aussi de la sorte à résoudre le problème difficile du freinage, le fonctionnement des moteurs comme générateurs agissant à titre de frein. En effet, un train de 2.500 tonnes, marchant à une allure de 25 à 26 kilomètres à l'heure, sur une pente de 1/50, entraine normalement la dissipation, par le frottement des sabots des freins sur les roues, d'une puissance motrice qui représente à peu près 4.700 chevaux; sur ces rampes, il faut, en outre, une très grande habileté du chauffeur pour freiner convenablement avec les freins à air, d'autant plus que les wagons sont de poids et de dispositifs assez variés. Le système de la récupération permet, au contraire, de maintenir la vitesse sur les descentes dans des limites absolument sûres. Les efforts sur les barres d'attelage et les dispositifs d'accouplement sont réduits, et l'on ne ressent plus, dans les trains de voyageurs notamment, ces variations périodiques d'accélération et de ralentissement qui se produisent inévitablement avec les freins à l'air, si bien manœuvrés qu'ils soient.

D. B.

§ 4. — Chimie

Les diverses formes du carbonate de calcium. — La littérature de ce sujet est déjà fort abondante; elle vient de s'enrichir d'un nouveau travail[1], dû à trois savants américains, MM. J. Johnston, H. E. Merwin et E. D. Williamson, qui ont soumis à une revision critique toutes les assertions de leurs prédécesseurs et concluent de cet examen et de leurs propres expériences que toutes les formes décrites du carbonate de calcium cristallisé anhydre se réduisent en réalité à trois: la calcite, l'aragonite et ce qu'ils désignent sous le terme de μ-$CaCO^3$. Les autres formes décrites ne seraient pas des formes définies, leurs propriétés divergentes étant dues à des différences de dimensions de leurs particules ou de leur mode d'agrégation.

La *calcite* est la forme la plus stable à toutes les températures entre 0° et 970°; en ce point, sous une pression de CO^2 suffisante pour prévenir la dissociation, elle se transforme[2] d'une façon réversible en α-$CaCO^3$, qui n'en diffère que très peu cristallographiquement. La calcite est le produit général des précipitations lentes, et les autres formes se convertissent rapidement en calcite aux environs de 400°.

L'*aragonite* est instable à toutes les températures expérimentées, et les auteurs n'ont pu spécifier aucune condition définie déterminant sa précipitation. L'aragonite naturelle se forme: *a*) par l'intermédiaire d'agents organiques; *b*) par dépôt de sources chaudes; *c*) quand un carbonate isomorphe sert de noyau; *d*) dans les eaux salées contenant des sulfates. Elle se forme artificiellement par précipitation lente à 85°-90° C. ou en présence d'un carbonate isomorphe, les conditions essentielles étant l'emploi de solutions très diluées qui doivent être mêlées très lentement. A 60° C., la précipitation produit un mélange d'aragonite et de μ-$CaCO^3$, et aux températures plus basses un mélange de μ-$CaCO^3$ et de calcite, excepté en présence d'un sulfate, cas auquel il se précipite de l'aragonite contenant un peu de sulfate. L'aragonite à l'état sec paraît susceptible d'une conservation indéfinie à la température ordinaire; à 400° C., elle se transforme en calcite en quelques heures. En présence d'eau à 25°, il faut un mois avant d'apercevoir un changement appréciable; la présence de noyaux de calcite accélère la transformation. La chaleur de transformation est probablement faible; son signe est inconnu.

La forme caractérisée sous le nom de μ-$CaCO^3$ se présente souvent comme stade intermédiaire dans la précipitation des autres formes, mais elle est rapidement transformée en présence de l'eau. On l'obtient le plus facilement par précipitation à 60° d'une solution virtuellement sursaturée par rapport à la calcite et à l'aragonite, en l'absence de noyaux de ces deux dernières. μ-$CaCO^3$ peut être séparé de la calcite et de l'aragonite par flottation dans un fluide de densité 2,6, sa densité ne dépassant pas 2,54. Il se précipite généralement en écailles ou en plaques. Sa forme cristalline appartient au système hexagonal. La substance sèche se conserve en apparence indéfiniment à la température ordinaire; chauffée à 410°, elle se transforme rapidement en calcite. En présence d'eau, l'inversion a lieu facilement. C'est la difficulté de distinguer cette forme de l'aragonite au moyen des réactions chimiques usuelles qui a empêché jusqu'à présent de la reconnaître, quoiqu'elle soit bien distincte au point de vue optique et par sa densité.

Parmi les autres formes du carbonate de chaux signalées dans la littérature, la *vatérite*, d'après les recherches des savants américains, ne serait qu'un agrégat poreux consistant en prismes radiés de calcite trop petits pour être résolus par le microscope. La *ktypéite* et la *conchite* sont de l'aragonite poreuse, et la *lublinite* est une variété spéciale de calcite formée d'aiguilles rhomboédriques. Les formes dites « amorphes » de carbonate de calcium paraissent devoir leurs propriétés spéciales à l'extrême petitesse des particules et au mode d'agrégation, et ne présentent aucune preuve de forme cristalline distincte.

Enfin, les carbonates hydratés peuvent se produire par précipitation au-dessous de 20° C., mais celui à 6 H^2O est le seul dont l'existence soit hors de doute. Il se transforme rapidement à la température ordinaire en calcite et eau, et passe généralement inaperçu.

Le Tableau suivant donne les propriétés des diverses formes de carbonate de calcium :

FORME	Syst. crist.	Caract. optique	Ind. de réfraction Max.	Ind. de réfraction Min.	Densité
Calcite :					
Artificielle (cristaux)	—	—	1,658	1,486	2,71
Islande	Hex.	—	1,658	1,486	2,713
Sphérules (vatérite)	—	—	1,585 à 1,64	1,455 à 1,47	2,51 et plus
Aragonite :					
Artific. pure	—	—	1,682	1,527	2,88
D'une sol. cont. un sulfate	Orth.	—	1,673 à 1,650	1,520 à 1,510	
Naturelle	—	—	gr. variation		gr. var.
μ-$CaCO^3$ artif.....	Hex.	+	1,650	1,550	2,54
$CaCO^3$. 6 H^2O artif....	Mon.	—	1,545	1,460	1,75

MM. J. Johnston, H. E. Merwin et E. D. Williamson estiment que les propriétés optiques et cristallographiques fournissent un moyen rapide de déterminer les diverses formes de carbonate de calcium et qu'elles sont plus dignes de confiance que les essais chimiques.

1. *American Journ. of Science*, t. XLI, pp. 473-512; 1916.
2. Boeke: *Neues Jahrb. Mineral.*, t. I, p. 91; 1912.

LES PIERRES TOMBÉES DU CIEL ET L'ÉVOLUTION DU SYSTÈME SOLAIRE

Vers le milieu du XIXe siècle, grâce à cette succession de grands hommes qui avaient tant illustré la période précédente, la Science croyait avoir fait dans la connaissance de l'Univers un progrès décisif. On espérait tout expliquer par des fluides continus, et l'Hydrodynamique semblait appelée à résumer un jour toute la Physique.

L'Astronomie restait pourtant en dehors de ce mouvement; les actions à distance n'avaient pas cessé d'y régner. Mais Laplace avait pensé montrer que, si le Système solaire actuel apparaissait profondément discontinu, il n'en avait pas toujours été ainsi. Une nébuleuse fluide l'avait précédé et c'étaient encore les lois de l'Hydrodynamique qui avaient présidé à son évolution. L'hypothèse répondait donc à merveille aux idées d'il y a cent ans : elle semblait devoir durer éternellement.

Avec le temps les objections ont surgi; nous ne les analyserons pas en détail. Toutes ne sont pas insurmontables; mais aucune n'est plus grave, croyons-nous, que celle fondée sur le principe des aires. Le moment de rotation du Système solaire n'aurait pas dû varier depuis l'origine : il n'est cependant plus que la 200e partie de ce qu'il faudrait pour expliquer les vitesses des planètes éloignées [1]. Et l'écart est vraiment trop fort pour qu'aucun « coup de pouce » suffise à le supprimer.

Sir G. H. Darwin [2], sans doute sous l'influence des idées de Lord Kelvin, — idées voisines de celles dont nous parlerons bientôt, — tenta, il est vrai, de rajeunir la théorie du grand géomètre français. Il montra qu'un amas globulaire de matériaux solides isolés, de météorites si l'on veut, pouvait jouer exactement le même rôle que le *fluide* originel de Laplace. La suite des événements est la même dans les deux cas, ce qui est assez naturel, car un gaz n'est en somme qu'une nuée de molécules : tout revient alors à un simple changement d'échelle. Mais ce n'est plus là l'hypothèse de Laplace, et pourtant les principales objections opposées à celle-ci n'en subsistent pas moins.

Bien d'autres synthèses ont été proposées depuis; nous ne songeons pas à en bâtir une nouvelle : il ne manque pas, comme dit M. Puiseux, d'historiens du chaos ni de prophètes de la fin des temps. Mais presque toutes ces théories, comme celle de Laplace, donnent lieu à une critique générale : elles partent de conceptions *a priori* n'ayant avec les faits constatés que des rapports assez lointains. Une infinité de Mondes sont possibles; le plus intéressant de beaucoup, c'est le nôtre tel que nous le voyons à présent, et il est bien téméraire de trop s'enfoncer, dès le début, dans la nuit du passé.

Nous ne voulons pas dire qu'on ne saura jamais, en ce qui concerne la formation du Système solaire, le fin mot de l'énigme : au contraire, on le saura certainement, et avant peu de siècles selon toute apparence, pourvu qu'on se borne aux stades les plus récents; les données dont nous disposons ne sont pourtant pas encore suffisantes. L'origine première de l'Univers entier est certes un problème insoluble, pris dans toute sa généralité : mais la question posée ici est infiniment plus limitée; il ne s'agit que d'observer les influences en jeu avec assez de patience. Les difficultés évidentes d'un problème ne doivent pas faire oublier qu'il en est de plus insondables encore.

Avant donc de remonter aux étoiles et aux nébuleuses, avant d'imaginer des cataclysmes sans témoins ou des états de choses dont nous ne voyons aucun vrai modèle, il est tout indiqué de bien regarder ce que nous avons sous les yeux. Cette idée n'est pas neuve : elle ne fait que résumer la tendance de presque toutes les sciences : rappellerons-nous comment la Géologie, à la suite de Lyell, en est venue à accorder une importance sans cesse accrue aux phénomènes actuels; comment les naturalistes, avec Lamarck et Darwin, ont renoncé aux théories catastrophiques d'autrefois pour admettre la lente évolution de causes qui subsistent encore aujourd'hui ?

Parmi ces phénomènes *actuels* qui, en augmentant la masse des corps célestes, tendent par là même à les édifier, il en est un qu'on laisse souvent un peu de côté : ce sont les pierres tombées du ciel et leurs proches parentes, les étoiles filantes. C'est d'elles que nous allons nous occuper.

1. En un mot, il faudrait que le Soleil tourne plus vite qu'il ne le fait : c'est l'objection de Babinet (*C. R.*, t. LII, 1861, p. 481). On ne l'évite qu'en admettant une nébuleuse primitive excessivement condensée au centre (H. POINCARÉ : Les Hypothèses cosmogoniques, p. 20). Mais le malheur veut qu'une pareille condensation soit contraire à ce que nous savons de l'équilibre des masses gazeuses (F. R. MOULTON : *Astrophysical Journal*, t. XXII, 1905, p. 165).

2. *Proceedings of the Royal Society of London*, vol. XLV, 1888-89, p. 3.

I. — Les Bolides et les Aérolithes

On dit quelquefois que, dans l'Univers, il n'y a jamais de chocs, que deux corps célestes ne se sont jamais heurtés d'une manière incontestable. Et cependant cela arrive tous les jours! La chute d'un bolide n'est, en effet, pas autre chose.

Nous ne nous attarderons pas à décrire les aérolithes, que l'on appelle aussi bolides quand on n'a pas réussi à en retrouver les morceaux. On sait qu'ils se partagent en deux grandes classes : les uns sont formés de fer presque pur; les autres peuvent renfermer, avec du fer, diverses espèces de roches. Bien des ouvrages exposent en détail leur constitution minéralogique, leur classification ou les circonstances (souvent sans grand intérêt) de leur chute. Et il s'ouvre de temps à autre sur leur origine des discussions où l'on perd parfois de vue les caractères essentiels du phénomène.

C'est dans la haute atmosphère, à 100 ou 150 km. du sol, que les aérolithes commencent à devenir visibles : leurs vitesses à ce moment-là oscillent entre 15 et 72 km. par seconde[1], c'est-à-dire qu'elles sont comparables à celles des planètes et des comètes. Or aucun volcan actuel de la Terre — étant donné que ceux de la Lune, s'ils existent, ne sont plus en activité — ne saurait imprimer à un mobile une vitesse supérieure à quelques kilomètres par seconde. De plus, des corps qui graviteraient autour de la Terre, tels que de petits satellites indépendants ou les débris épars d'un satellite disparu, n'auraient jamais par rapport à nous qu'une vitesse infime à côté de celles qu'on constate. Les aérolithes, quelle que soit leur origine première, sont donc de *véritables astres*, gouvernés par l'attraction du Soleil et circulant autour de lui comme les planètes et les comètes.

Il y a plus: ce rapprochement a pu être précisé. Un savant américain, H. A. Newton[2], a étudié une à une les orbites de toutes les météorites que l'on a vues tomber et qui figurent dans les collections de nos musées : toute incertitude sur la base de ses recherches se trouvait par là éliminée. Eh bien ! sur 116 météorites pour lesquelles on était suffisamment renseigné, 109 avaient par rapport au Soleil des vitesses de même sens que celle de la Terre et 7 seulement de sens opposé. Avec cela plus des deux tiers des orbites étaient inclinées de moins de 35° sur l'écliptique[1].

On pourrait croire que les météorites de sens rétrograde, dont la vitesse est la plus forte (car elle s'ajoute à celle de la Terre), n'atteignent pas le sol sous forme solide et qu'elles ont par suite échappé à la statistique ci-dessus. Mais il existe de nombreux exemples d'aérolithes arrivés au sol à l'état solide et ayant eu des vitesses allant jusqu'à 72 km. Les conclusions qui précèdent conservent donc toute leur valeur.

Maintenant y a-t-il réellement des bolides de vitesses propres supérieures[2] à 43 km., c'est-à-dire décrivant des orbites hyperboliques? Une réponse catégorique à cette question aurait un intérêt capital, car nous ne possédons encore aucune preuve positive qu'il puisse nous arriver des étoiles autre chose que d'impondérables rayons de lumière. On a cru jadis que les comètes jouaient à travers l'infini du Monde ce rôle de messagères; mais nous devons, semble-t-il, abandonner cet espoir, au moins en ce qui les concerne[3]. Quant aux bolides, bien que plusieurs observations parfois très précises[4] conduisent à des orbites hyperboliques, la question est encore en suspens. Tout repose, en effet, sur la mesure d'une vitesse apparente difficile à bien évaluer parce qu'on a toujours tendance à la juger plus forte qu'elle n'est en réalité[5]. Quoi qu'il en soit, nous sommes certains — et c'est là que nous voulions en venir — que, s'il existe des aérolithes hyperboliques, ils sont l'exception : *la majorité des météorites décrit autour du Soleil des orbites elliptiques, voisines du plan de l'écliptique et directes*, tout comme les planètes et la plupart des comètes périodiques.

Entre la météorite proprement dite, dont on recueille les fragments, et l'étoile filante fugitive et solitaire de nos nuits, tous les cas intermédiaires peuvent se rencontrer. Il y a d'abord le bolide bruyant qui éclate bien en fusée, mais

1. Selon leur direction par rapport à celle de la Terre sur son orbite, qui est de 29 km. Les vitesses *propres* sont donc voisines de 43 km. p. sec.

2. *American Journal of Science*, vol. XXXVI, 3e série, 1888, p. 1.

1. Le professeur Newton a remarqué encore que 103 des 116 météorites avaient des distances au Soleil comprises entre 0,5 et 1 unité astronomique habituelle (distance Soleil-Terre), lors de leur passage au périhélie.

2. On sait que la nature de l'orbite dépend seulement de la *grandeur* de la vitesse, et 43 km. par seconde représentent celle qu'aurait une comète à la distance 1.

3. Les recherches de MM. L. Fabry, G. Fayet et E. Strömgren ont en effet montré : d'abord que, si les comètes venaient du dehors, on ne saurait manquer d'en voir certaines décrire des orbites hyperboliques, et ensuite que les rares orbites actuellement de cette nature la doivent aux perturbations de grosses planètes. Tout se passe donc comme si les comètes participaient au mouvement du système solaire vers l'Apex.

4. Par exemple celle du bolide du 5 octobre 1889 (*Astronomische Nachrichten*, n° 2970).

5. Ainsi que l'ont prouvé les expériences de Ceraski (*Bulletin Astronomique*, t. XVI, p. 242 et *Annuaire des Longit.*, 1903, p. A 20).

dont on ne retrouve pas les morceaux, souvent parce que personne ne se trouvait là pour aller les chercher; puis le bolide silencieux, absolument identique à une très grosse étoile filante et qui s'observe en fait durant les grandes averses de météores. Vient ensuite l'étoile filante ordinaire, visible à l'œil nu; enfin la série se termine par la mince traînée télescopique que tous les astronomes connaissent bien.

Tous ces météores, gros ou petits, apparaissent dans l'atmosphère aux mêmes hauteurs, avec des vitesses du même ordre que celles des planètes. Tous doivent renfermer au moins un corps solide comme le prouve la longueur de leurs trajectoires : des gaz brûleraient en effet rapidement et s'échapperaient dans toutes les directions. Tous enfin ont les mêmes variétés de couleur et possèdent des spectres analogues[1] à ce que donneraient précisément les aérolithes de nos collections. Quant à l'absence fréquente de bruit, elle peut fort bien tenir à la petite taille de la majorité des météores ou à la faiblesse de leur vitesse relative finale : la distinction ne semble donc pas fondamentale.

On a dit aussi que les étoiles filantes différaient des bolides en ce qu'elles seraient seules périodiques[2]. D'abord, les étoiles filantes en général ne sont pas « périodiques » : il n'y a que quelques averses qui le soient et encore toutes ne reviennent pas tous les ans. Il a même fallu à Schiaparelli et à H. A. Newton une forte dose de sagacité pour reconnaître la périodicité en question. Mais surtout il est impossible de faire une statistique sérieuse de phénomènes aussi rares en un lieu donné que les chutes d'aérolithes, phénomènes qui ne s'observent qu'en peu d'endroits de la Terre, à savoir les régions habitées, et passent inaperçus partout ailleurs[3].

Ainsi donc il ne semble pas y avoir de distinction marquée entre les aérolithes et les étoiles filantes qui, on le sait aujourd'hui, accompagnent la lente désagrégation des comètes. Or les étoiles filantes paraissent bien n'être que les plus minuscules fragments de ces essaims de matériaux de grosseurs variées dont sont sans doute formées les comètes. Nous venons de voir par ailleurs que les orbites des bolides ressemblent à celles des comètes périodiques, elles-mêmes analogues à celles des étoiles filantes.

1. Au moins dans tous les cas où l'on a eu la chance de les observer.

2. Voir par exemple l'article de M. Stanislas Meunier dans *L'Astronomie*, année 1914, p. 500.

3. Malgré ces difficultés, on a remarqué certaines régions du ciel particulièrement riches en bolides; ce seraient des radiants de bolides : tel par exemple le voisinage d'α Scorpion (RADAU : *Annuaire des Longitudes*, 1903, p. A. 50).

Est-ce à dire que les aérolithes soient, comme quelques savants éminents ont osé l'avancer[1], des morceaux d'anciennes comètes disparues au cours des âges? Il semble assez probable que oui; mais nous ne remonterons pas jusque-là. Il n'y a pas non plus d'ailleurs grande différence entre un aérolithe d'orbite elliptique et une très petite planète, puisque la liste de ces dernières — de plus en plus petites — s'accroît tous les jours comme la diversité de leurs distances au Soleil, de leurs excentricités et de leurs inclinaisons. Les faits qui précèdent et que nous pouvons considérer comme bien établis sont donc indépendants de l'origine première des aérolithes : nous nous en contenterons dans ce qui va suivre.

II. — QUANTITÉ DE MATIÈRE COSMIQUE RECUEILLIE CHAQUE ANNÉE PAR LA TERRE

La masse du Globe s'accroît donc tous les ans en raison des chutes d'aérolithes : peut-on savoir de combien? Les météorites de nos collections sont de tailles extrêmement variables : la plus grosse masse connue à laquelle les géologues attribuent sans conteste une origine météorique est celle de El Ranchito au Mexique[2] : son poids est de 50 tonnes; celle de Melville Bay, au Groenland, pèse 36 tonnes 1/2; en moyenne, leur poids n'est que de quelques kilogs. On n'observe guère que 2 ou 3 chutes d'aérolithes par an; mais, lorsqu'on tient compte des régions occupées par les mers ou désertiques, il devient évident que ce nombre doit être très augmenté : aussi estime-t-on d'ordinaire à 6 ou 700 le nombre réel des chutes annuelles et à quelques tonnes la masse correspondante.

Mais, bien que cela paraisse paradoxal, ce n'est pas de cette façon que la Terre reçoit son principal apport de matériaux cosmiques; c'est sous forme de poussière impalpable provenant de la combustion des étoiles filantes.

Il n'est guère possible de connaître avec précision la masse de ces petits corps : on s'en fait pourtant une idée à l'aide d'une hypothèse grossière sur la quantité d'énergie répondant à un éclat lumineux donné. Comme on connaît la vitesse des étoiles filantes et que leur éclat est fonction de leur force vive, on en déduit une valeur approchée de leur masse. On trouve des chiffres de l'ordre du gramme.

Maintenant, du nombre des étoiles filantes observées en moyenne chaque nuit, on peut

1. H. A. Newton, Langley, par exemple, et surtout Sir Norman Lockyer dans son ouvrage « The Meteoritic Hypothesis ».

2. L. FLETCHER : Introduction to the Study of Meteorites (11e éd., 1914, p. 43).

conclure que la Terre en reçoit de 10 à 20 millions par 24 heures. A 5 grammes chacune, cela ferait 50 ou 100 tonnes. Ce n'est là sans doute qu'une limite inférieure, car nous laissons de côté les météores télescopiques, peut-être une centaine de fois plus nombreux que ceux visibles à l'œil nu, sans parler des poussières invisibles. En tenant compte de tous ces facteurs, on arrive ainsi facilement au chiffre déjà respectable de 2 millions de tonnes par an[1].

La chute constante de cette matière n'est pas un rêve de calculateur : on trouve en fait dans la neige, dans les grêlons, au fond des océans, des globules ronds, microscopiques de fer, et ceux-ci renferment — comme le fer météorique — des traces de nickel et de cobalt; leur origine ne peut, par suite, être que cosmique[2]. Toute provenance industrielle serait d'ailleurs fort improbable, car les échantillons ont été prélevés sur de hautes montagnes, en pleine mer ou dans les régions polaires.

Certes, cet apport de matériaux solides paraît bien insignifiant; mais ce que le phénomène a de très remarquable, c'est qu'il est tout à fait *irréversible*. Le moindre petit grain de fer, une fois tombé du ciel sur la Terre, y reste pour toujours. Nous avons affaire à un processus qui se poursuit sans doute depuis que le Système solaire existe, toujours dans le même sens et sans contre-partie possible. De là vient tout son intérêt : voyons maintenant ses conséquences.

III. — Effets séculaires des chutes de météorites

Eh bien! ces effets, disons-le tout de suite, ils sont précisément de nature à établir, dans le Système solaire, sur des points importants, l'état de choses qui y règne et dont l'ordre harmonieux a si longtemps fait l'admiration des hommes.

Laissons de côté l'augmentation lente de la masse terrestre qui, si rien ne la compensait, allongerait peu à peu la durée du jour et, en rapprochant la Terre de l'astre central[3], avancerait l'échéance fatale où, avec toutes les planètes, elle viendrait tomber sur le Soleil. Ces faits, qui tendent à réduire les dimensions absolues du Système, ont été souvent étudiés.

1. Radau : *Annuaire des Longitudes*, 1903, p. A. 47. — Un spécialiste russe, Kleiber, arrive même par des considérations d'ordre différent au chiffre de 200 millions de tonnes par an.

2. Stanislas Meunier : Géologie comparée, p. 37.

3. Ceci tient à deux causes : la gravitation est augmentée (puisque les masses le sont) et la nuée des météorites agit comme un milieu résistant : elle tend donc, par un paradoxe qu'illustre la comète d'Encke, à raccourcir le grand axe et avec lui la durée de l'année.

Nous avons vu que les orbites des météorites sont presque toutes directes : c'est assez naturel, même en l'absence de toute hypothèse sur leur origine. Dans un chaos de corps d'orbites variées, dès qu'une prédominance est établie dans un sens, les chocs mutuels qui ne peuvent manquer de se produire ont pour résultat de supprimer les mobiles de vitesses opposées : l'énergie cinétique perdue par ces derniers à chaque choc est plus forte; leurs grands axes diminuent plus vite et le Soleil a plus tôt fait de les attirer à lui.

Mais ce n'est pas tout. Lorsque deux corps quelconques, décrivant autour du Soleil des ellipses de même sens, — comme les planètes, les comètes périodiques et les météorites, — viennent à se rencontrer pour n'en former plus qu'un, l'orbite finale possède une excentricité qui peut être plus grande, mais qui est *en général moindre* que celles des orbites primitives.

De même, l'inclinaison de l'orbite finale sur le plan invariable du maximum des aires tend, par suite du choc, à devenir *nulle*.

Les deux propositions qui précèdent[1] sont rigoureuses dans les limites de leur énoncé : elles dérivent des lois ordinaires de la Mécanique, en particulier de celles des aires et des forces vives. Elles ont d'ailleurs des analogues dans la théorie des milieux résistants[2] et leur démonstration, au moins dans le cas le plus simple de deux astres de masse inégale, mais de même longueur de grand axe et de même excentricité initiale[3], n'offre aucune difficulté.

Si donc l'on admet que les planètes actuelles se sont formées par la réunion de corps plus petits dont les excentricités et inclinaisons n'avaient pas forcément les faibles valeurs que nous observons, — hypothèse assurément fort vraisemblable, — on entrevoit une explication possible[4] et toute simple des caractères les plus frappants de notre système : les orbites directes, circulaires et de même plan. — Il n'y reste alors plus rien pour justifier au même degré ce besoin d'une synthèse unique qui a inspiré Laplace et ses successeurs.

Les mêmes principes permettent aussi de

1. F. R. Moulton : Introduction to Astronomy, éd. 1914, pp. 471 et 475. Voir aussi T. C. Chamberlin : *Scientia*, vol. XVI, 1914, N. xxxvii-5.

2. La chose est bien connue pour la première. Pour la seconde, un savant suédois, M. H. von Zeipel, a établi ce beau théorème : Une résistance de milieu, par cela seul qu'elle diminue l'excentricité d'un petit astre, tend à limiter son inclinaison, en raison des perturbations séculaires des grosses planètes plus éloignées que lui du Soleil (*Astron. Nachrichten*, t. CLXXXIII, 1910, n° 4390).

3. Ceci concerne surtout la proposition sur la diminution des excentricités ; l'autre est immédiate.

4. Dont le développement soulève, cela va sans dire, bien des problèmes accessoires.

rendre compte des sens de rotation des planètes. Seulement cela, la théorie des Marées l'explique aussi sans objection grave : nous n'insisterons donc pas, de peur d'être entraîné trop loin. Il n'y a pas qu'un problème cosmogonique, mais bien une infinité.

Nous devons, cependant, remarquer, avec M. Moulton, que les grosses planètes comme Jupiter, qui ont dû recevoir jadis plus de matière météorique que les petites, ont aussi des orbites moins excentriques et moins inclinées sur le plan invariable. Le contraste, déjà visible dans le groupe des 8 principales[1], est surtout accentué — comme il doit l'être — lorsqu'on fait entrer en ligne les astéroïdes. Leurs excentricités, qui peuvent atteindre 0,38, sont en moyenne de 0,14 contre 0,06 pour les 8 grosses planètes; quant aux inclinaisons, elles vont jusqu'à 35° et leur moyenne est de 6°, alors qu'elle ne dépasse pas 1°,8 pour les planètes principales.

Ainsi donc un ordre de plus en plus parfait tend naturellement à succéder au désordre en vertu de causes qui ont pu être autrefois infiniment plus actives, mais qui subsistent encore aujourd'hui. Cela n'a rien qui doive nous surprendre : il n'y a pas que dans le Monde physique que le désordre porte en lui-même ses germes de destruction. Et c'est là justement ce qui est admirable, ce qui satisfait le mieux, le plus directement, ce besoin d'harmonie et d'ordre supérieurs que nous portons tous au fond de nous-mêmes.

IV. — Les Météorites et la Lune

Nous abordons ici un problème qui, lui aussi, a beaucoup intrigué les savants les plus éminents : nous n'espérons pas le résoudre; nous voulons seulement insister sur quelques remarques en rapport avec ce qui précède.

On sait que la théorie la plus accréditée attribue les cirques lunaires à d'anciennes éruptions volcaniques. Mais cette explication, de l'aveu même de ses partisans, ne va pas sans de graves difficultés, et il semble bien qu'on l'adopte surtout faute d'en trouver une meilleure. Gigantesques à côté de nos volcans et presque parfaitement ronds, les cirques lunaires ne nous montrent jamais rien d'analogue à une coulée de laves. En outre, la matière de leurs remparts ne suffirait en général pas à les combler; les pics centraux sont bien énigmatiques et les petits cratères sans rebords, simples trous dans la surface unie, évoquent plutôt l'idée d'une origine extérieure. Il faut avouer que si nous avons affaire à un phénomène éruptif, il ne ressemble guère à ceux que nous connaissons.

Avec cela, les géologues s'accordent à admettre dans le volcanisme le rôle prépondérant de la vapeur d'eau — abondante du reste dans les produits des éruptions — rôle illustré par la distribution des volcans terrestres autour des océans. Il n'y a pourtant sur la Lune ni eau, ni atmosphère appréciable.

Ces objections sont fort connues; mais il est un trait un peu moins ressassé, croyons-nous, de notre satellite, qui nous paraît bien suggestif. Ce sont ces petits cratères que l'on voit par endroits juste en plein milieu du rebord d'un cirque plus vaste; de formation plus récente, ils sont aussi moins profonds (fig. 1). On se trouve alors devant le dilemme suivant : ou bien — chose peu probable — le rempart du premier cratère contenait une poche éruptive qui a fait naître le second; ou bien la surface lunaire s'est précisément soulevée la deuxième fois en un point de résistance maxima et non pas à côté, — ce qui, sans être absolument impossible, est en tout cas assez inquiétant.

Certes, il existe sur la Lune des plissements, des effondrements, des saillies qui peuvent avoir été provoqués par des forces intérieures, et nous ne songeons pas à exclure de la formation de l'astre voisin ces forces, admises d'ailleurs par les spécialistes les plus compétents[1]. Nous ne parlons ici que des cratères et surtout des petits qui, étant les plus récents comme les plus nombreux, ne sauraient provenir de circonstances exceptionnelles.

Ainsi donc, le mieux qu'on puisse dire des volcans lunaires, c'est que l'on en est à leur égard réduit à des conjectures. Par contre, nous sommes tout à fait certains qu'il tombe sur la Lune des aérolithes, et même fort souvent. Que doit-il se passer lorsque cela arrive ?

En premier lieu, la Lune n'ayant pour ainsi dire pas d'atmosphère, les bolides qui la frappent ne sauraient y brûler ni éclater comme les nôtres *avant* d'atteindre le sol. N'arrivant pas en morceaux, mais dans leur état initial, ils ne peuvent manquer d'être *tous* plus gros que s'ils heurtaient la Terre. Et de plus, loin de tomber avec la lenteur que nous observons ici[2], ils gardent jusqu'au bout la vitesse planétaire énorme qu'ils possédaient à l'origine.

1. On ne doit pas oublier que les perturbations séculaires mutuelles interviennent beaucoup ici, surtout sur de petits nombres comme les excentricités et inclinaisons des grosses planètes. Aussi sont-ce les moyennes qu'il faut envisager.

1. P. Puiseux : La Terre et la Lune.

2. Leur vitesse est de l'ordre de celle de la chute libre. Schiaparelli l'estime à 3 ou 4 km. par seconde (Fletcher : *loc. cit.*, p. 26).

D'un autre côté, la gravité sur la Lune est six fois plus faible que sur la Terre et la matière y est en moyenne presque moitié moins dense : à volume égal, elle pèse donc 10 fois moins. Pour un même projectile, les distances auxquelles peuvent se trouver transportés les matériaux déplacés par le choc sont, toutes choses égales, 10 fois plus grandes sur la Lune que sur notre planète, et même plus de 10 fois, car la résistance de l'air n'intervient pas.

Quelle peut être maintenant la dureté du sol lunaire? Il faut avouer que nous n'en savons rien; mais nous verrons que cela n'a pas une très grande importance. Il est assez probable que la Lune ressemble à la Terre sous ce rapport, puisque sa densité moyenne dépasse peu celle de nos roches superficielles. Mais ce que nous savons très bien, c'est que sur ce sol, déjà bouleversé par les bolides, doit être partout répandue une poussière sans cohésion d'origine cosmique. Il n'y a, en effet, pas de raisons pour qu'il n'y tombe pas d'étoiles filantes. Et alors que sur notre globe les agents atmosphériques et les rivières ont vite fait de tout restituer à la circulation générale, sur la Lune le phénomène ne peut manquer de se poursuivre depuis des millions — peut-être des milliards — d'années, sans interruption imaginable. La surface de la Lune est donc presque sûrement recouverte de poussières ainsi accumulées par les siècles, depuis qu'elle existe, avec une constance et une régularité dont notre globe ne nous donne aucune idée.

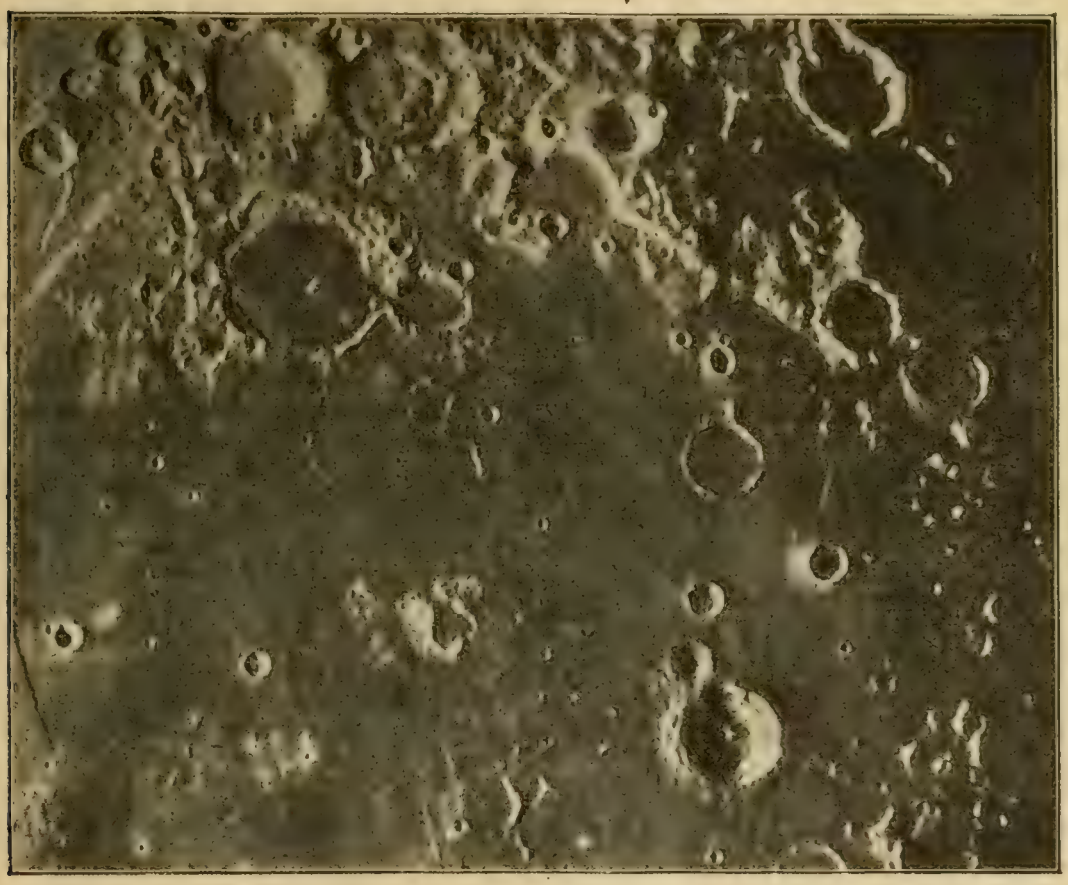


Fig. 1. — *Cratères de la Lune autour de Mare Nubium.*

Lors donc qu'une météorite vient frapper le sol lunaire, elle y pénètre sans doute un peu, puis éclate d'un seul coup en perdant la presque totalité de sa force vive qui se convertit en chaleur et aussi en énergie mécanique. L'énergie cinétique de nos bolides se dissipe en grande partie dans l'air avant qu'ils éclatent. Quelles doivent être les explosions lorsque le choc libère brusquement une énergie qui, à la vitesse de 43 km. par seconde, correspondrait à une élévation de température du bolide de 1 million de

degrés centigrades[1] et suffirait par suite à tout volatiliser!

De plus, il est de fait que nos météorites renferment non seulement des corps volatils tels que le phosphore, le magnésium, le calcium ou le soufre, mais aussi des gaz assez abondants — hydrogène, azote, gaz carbonés — dus peut-être aux réactions de leurs constituants : le choc doit les dégager brusquement. Les fondeurs connaissent bien cela : une barre de fer humide provoque une explosion dès qu'on la plonge dans un métal en fusion, à 800° par exemple. Mais qu'est-ce que 800°! — Ce sont donc sans doute de véritables obus percutants, qui, passant sans

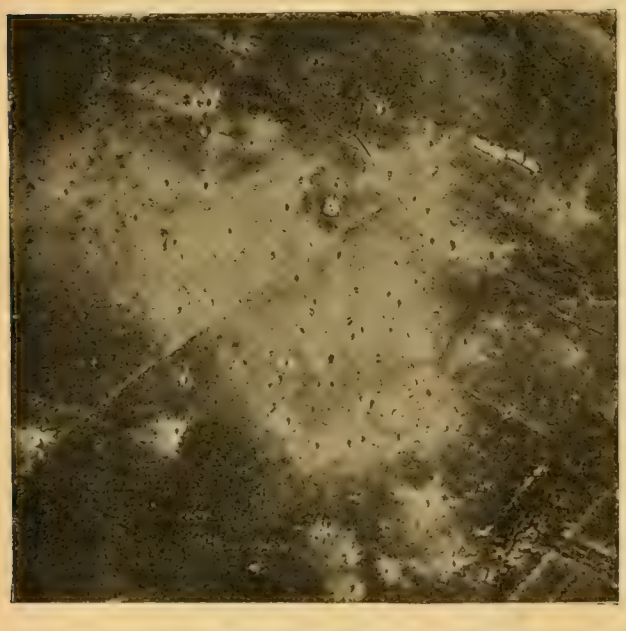


Fig. 2. — *Trous causés dans le sol par des obus de gros calibre.*
(Cliché pris en 1915, à grande hauteur, sur le front français.)

transition du froid interplanétaire à des centaines de milliers de degrés, viennent ainsi heurter notre satellite.

Dans ce cas, le trou que peut occasionner un bolide, en fondant sur place les poussières amoncelées et en les chassant alentour, n'est pas une simple perforation : il résulte bien moins du choc lui-même que de l'explosion qui l'a suivi. Il est d'abord beaucoup plus grand que le projectile et surtout ne peut être que circulaire. L'expérience de la guerre actuelle est là pour nous le prouver : les trous énormes causés par les gros obus ne sont pas elliptiques[2], mais *ronds*, quel que soit leur angle de chute — et cela s'explique sans peine (fig. 2).

On l'a vu d'autre part : il se trouve que la surface lunaire remplit à peu près les conditions des expériences par lesquelles M. Alsdorf[1] a si bien reproduit, avec tant de détails, les cratères lunaires, grâce à une pluie de projectiles qu'il lançait sur une planche élastique et résistante, recouverte de poudre de lycopode. Ces circonstances expérimentales semblent *a priori* fort bizarres et d'une réalisation bien peu vraisemblable. Mais le hasard veut que le sol de la Lune ait de très grandes chances d'être justement fait ainsi.

Passons à l'ordre de grandeur du phénomène. La plus grosse météorite terrestre authentique atteint 50 tonnes[2] ; d'autres, plus petites, peuvent lui être comparées : c'est donc qu'il en est tombé plusieurs de cette taille durant la période géologique actuelle. Eh bien! un pareil projectile, à une vitesse de 72 km. par seconde, aurait une énergie de $1,2 \times 10^{21}$ ergs, soit 2 millions de fois l'énergie totale[3] ($6,3 \times 10^{14}$ ergs) d'une « marmite » allemande de 210 pesant 120 kg. et chargée de 15 kg. d'un explosif analogue à la mélinite. On sait que cet obus fait dans le compact, dans le lourd sol terrestre un trou de 4 mètres de diamètre environ. En se rappelant les conditions qui règnent dans la Lune, il est assez probable que notre bolide serait en mesure d'y causer des dégâts sérieux. Les verrait-on de la Terre? c'est possible ; mais ce n'est pas certain. Nous ne pensons même pas qu'on soit très fondé à le supposer. On ne voit guère sur la Lune plus de 30.000 cratères ; si elle n'avait que 30 millions d'années d'âge — et elle a sans doute bien davantage — il se formerait à peine un cratère tous les 1.000 ans, en supposant que le phénomène ait toujours été régulier[4]. Or les cartes photographiques, éléments nécessaires d'une pareille enquête, ne datent que de quelques années. Nous ne devons pas avant longtemps espérer constater l'apparition d'un nouveau cratère. Heureusement que les astronomes, gens patients, savent fort bien qu'ils travaillent surtout pour leurs petits-neveux...

Tout ce que nous venons de dire s'applique aux petits cratères, de beaucoup les plus

1. En admettant qu'il ait une chaleur spécifique de 0,2, ce qui est le cas pour presque tous.

2. C'est pour éviter cette objection que M. G. K. Gilbert, un des partisans les plus convaincus de l'origine extérieure des cratères lunaires, les attribue aux chutes verticales des débris d'un ancien satellite.

1. « Gaea », *Natur und Leben*, année 1898, Erstes Heft, pp. 35, 105 et 139. — Il est d'ailleurs à noter que les projectiles de M. Alsdorf étaient élastiques et n'explosaient pas.

2. Celle de El Ranchito, au Mexique. Nous avons dit plus haut que les météorites lunaires étaient sûrement plus grosses que les nôtres.

3. Cinétique et explosive, cette dernière étant de beaucoup prépondérante.

4. Il est d'ailleurs fort vraisemblable que les chutes de météorites ont été autrefois, aux premiers âges de l'évolution de notre Système, beaucoup plus nombreuses qu'aujourd'hui.

nombreux et l'on peut se demander s'il a pu jamais tomber sur la Lune des météorites assez colossales pour expliquer les cirques de 100 km. de diamètre. Il ne faut pourtant pas oublier que ces cirques, justement parce que *plus rares* et en général plus anciens, sont nés de circonstances qui se sont présentées moins souvent au cours des âges, et nous n'apportons pas ici la clef de toutes les énigmes que nous pose la Lune : si ce problème des grands cirques était ainsi résolu définitivement, ce ne serait plus guère la peine d'observer notre satellite. Nous nous bornerons à remarquer que la question posée revient peut-être à demander s'il y a réellement à la roulette de Monaco des séries de 50 rouges. C'est là, on le sait, une affaire de patience : on peut calculer combien de milliers (ou de millions) d'années un joueur résistant devrait attendre pour en voir une.

Comme la répartition des coups à Monaco, comme la distribution des petites planètes, celle des météorites obéit en effet sans doute à une loi statistique. Il doit en tomber de beaucoup plus grosses que toutes celles que nous connaissons, mais *très rarement*, et les nombres par siècle de bolides de masses déterminées doivent satisfaire à l'équation de la courbe en cloche. Mais plus heureux que notre joueur de tout à l'heure, nous disposons, quand il s'agit des astres, de durées presque sans limites : les siècles et les millénaires ne sont rien ; c'est par millions d'années, peut-être par milliards, qu'il faut compter. Pas plus dans le temps que dans l'espace, le Monde n'est à notre échelle : gardons-nous d'imiter les roses de Fontenelle qui croyaient leur jardinier immortel, parce que, de mémoire de rose, on ne l'avait jamais vu changer.

V. — Les météorites et la formation du globe

Une question se pose pourtant d'elle-même : pourquoi ne retrouve-t-on pas plus de grosses météorites ayant autrefois rencontré la Terre ?

Evidemment il n'en tombe pas souvent et commençons par nous en féliciter : notre globe ne serait guère habitable s'il recevait, mettons tous les mille ans, quelques bolides de 500 à 1.000 tonnes. Les chutes banales, devenues alors incessantes, y constitueraient pour la civilisation et pour la vie un grave danger. La Nature comme toujours a donc bien fait les choses.

Cette rareté apparente des grosses météorites terrestres peut tenir à une raison bien simple : aux phénomènes géologiques qu'entraînent la présence de l'eau et celle de l'air. La sédimentation vient sans arrêt changer l'aspect du globe en faisant disparaître tout ce qui était à la surface depuis trop longtemps, et au bout de quelques milliers d'années il ne saurait plus rester aucune trace nette de chutes accidentelles, survenues à intervalles trop espacés et réparties sur toutes les régions du globe, habitées ou non. Que l'on songe à toutes les fouilles qu'il a fallu pour retrouver les faibles restes de Babylone ou de Suse, grandes cités encore au temps d'Alexandre et dont on connaissait pourtant l'emplacement !

Mais il y a mieux. On a réellement trouvé sur la Terre en 1891 un « cratère » que les géologues les plus compétents s'accordent à attribuer à la chute d'un énorme bolide [1]. Nous voulons parler du Canyon Diablo, dans l'Arizona, aux Etats-Unis (fig. 3). C'est une excavation circulaire

Fig. 3. — *Intérieur du cratère de Canyon Diablo, montrant le fond presque horizontal, en regardant vers le Sud.*

1. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, vol L, 1908, p. 461. George P. Merrill : The Meteor Crater of Canyon Diablo, Arizona ; its history, origin and associated meteoric irons.

d'environ 1.200 mètres de diamètre, située au beau milieu d'une plaine (fig. 4) : les roches qui l'entourent surplombent celle-ci de 40 mètres et le fond, presque plat, est à 120 mètres en contrebas. La partie centrale, visiblement vitrifiée, semble avec évidence avoir été soumise jadis à une haute température. Les environs sont de plus souterraine. Des sondages méthodiques ont, du reste, été entrepris et poussés jusqu'à une profondeur de 450 mètres : ils n'ont permis de soupçonner aucun indice éruptif.

La présence du fer natif avait même alléché quelques savants américains, également amis du « business » et de la géologie, qui, ne pouvant

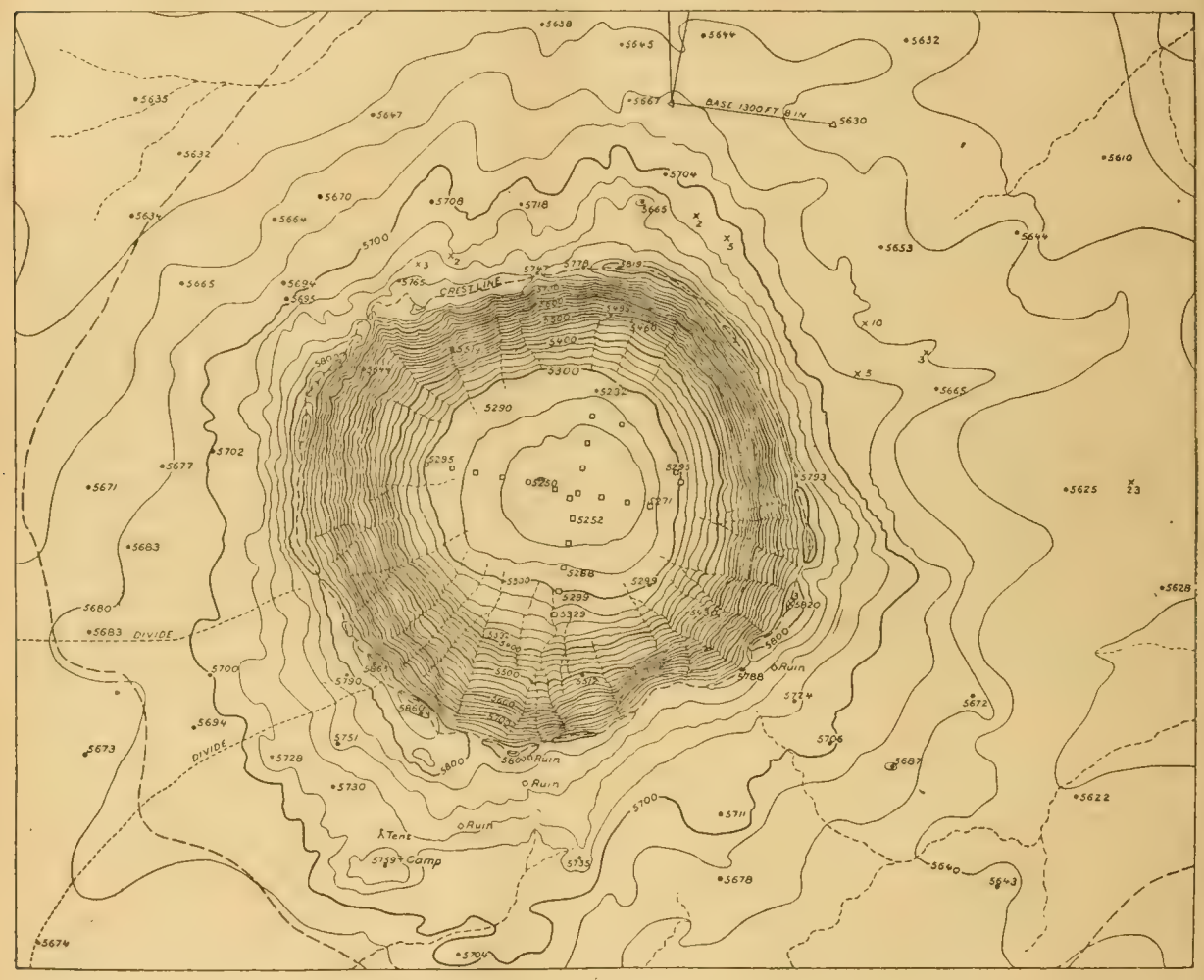


Fig. 4. — *Plan du cratère du Canyon Diablo.*

couverts de débris rocheux parmi lesquels figurent de nombreux morceaux de fer incontestablement météoriques, pesant jusqu'à 460 kgs et sans rapport avec le terrain : ces derniers sont localisés aux alentours du cratère et on n'en trouve plus aucun à plus de 8.850 m. à vol d'oiseau. (fig. 5).

La nature du sol de la région — chose capitale — exclut toute idée d'origine volcanique ou même geysérienne : ce sont des sédiments de la fin du Carbonifère (des calcaires et des grès) et la stratification de toutes les assises est horizontale, ce qui empêche d'attribuer au cirque une cause sans doute être les « rois de l'acier », se seraient contentés de devenir ceux du fer météorique. Ils avaient donc projeté la mise en valeur de cette mine tombée du ciel. Leur espoir fut déçu : le bolide était gros, mais pas à ce point. Un spécialiste en fait d'artillerie lourde, M. Tilghman, avait calculé que, vu la nature du terrain et les résultats expérimentaux connus en 1908, son diamètre avait dû être de 150 m. et sa vitesse finale de 8 km. par seconde. Les sondages n'ont cependant pas amené la découverte d'une pareille masse : on n'a guère recueilli en tout plus de 20 tonnes de fer métallique. On a retrouvé

aussi, il est vrai, de nombreux nodules isolés d'oxyde de fer qui ont dû provenir de la combustion du projectile. Néanmoins, la disproportion est trop grande, et bien que nous soyons assez disposé à croire exagérées les dimensions attribuées au bolide, la question de savoir où en est allée la plus grande partie est encore pendante.

Le cas du Canyon Diablo n'est d'ailleurs pas tout à fait unique : d'autres bolides beaucoup plus petits ont provoqué des cratères semblables, tel

Fig. 5. — *Distribution des fers météoriques trouvés aux environs du Cratère du bolide (Metor Crater) de Canyon Diablo.*
(Gros points : échantillons de plus de 5 kilogs ; petits points : échantillons de moins de 5 kilogs.)

celui de 300 kg. découvert à Knyahinya en Hongrie[1] : l'excavation n'a ici que 1 m.30 de diamètre, un peu plus en profondeur et le bolide reposait à 2 mètres au-dessous du fond. Mais l'intérêt de ces petits cratères leur vient surtout du précédent dont ils renforcent encore l'interprétation.

Il est du reste possible que, dans un ordre d'idées un peu différent, d'autres faits énigmatiques se rattachent à la même origine. On sait que la composition moyenne du globe est très voisine de celle des météorites. Les roches des régions profondes, au-dessous du granit (telles que les basaltes, les trachytes, le péridot), ont d'étroites ressemblances avec celles des aérolithes et tout fait croire à la présence du fer aux grandes profondeurs, présence que, sans parler du Magnétisme terrestre, la découverte en certains pays de blocs de fer natif analogue au fer météorique[1] suffit à suggérer.

Ces rapprochements pétrographiques avaient vivement frappé Daubrée[2], et son successeur au Muséum, M. Stanislas Meunier, les a souvent étudiés; on y voit en général la preuve que les aérolithes proviennent de la destruction d'une planète semblable à la Terre[3], qui aurait autrefois existé dans notre voisinage et aurait éclaté, subissant ainsi le sort de celle qu'Olbers prétendait avoir donné naissance aux petites planètes. Il est de fait que les constatations précédentes établissent une fois de plus l'unité de composition de l'Univers. Elles montrent encore que les météorites — où les minéraux sont assez peu mélangés — ne sauraient guère provenir d'un astre *très* chaud comme le Soleil.

Seulement, c'est à peu près tout ce qu'elles prouvent. Car nous ignorons d'où viennent les aérolithes : nous savons mieux à la vérité d'où ils ne viennent pas. Et s'ils font souvent songer à nos roches, ils sont loin de leur être identiques. Nous n'avons aucune idée de la nature minéralogique des matériaux cométaires ni des autres planètes de notre système, pas plus que de celles qui gravitent probablement autour d'Arcturus ou de Sirius, et il n'y aurait rien d'étonnant à ce que ces planètes ressemblent à la nôtre.

Nous venons de voir que de l'analogie des météorites avec nos roches on a voulu tirer une indication sur l'origine des premières. Mais pourquoi ne serait-ce pas le contraire ? Pourquoi cette analogie ne serait-elle pas un indice de l'origine météoritique de notre propre Terre, origine que Lord Kelvin[4], après de longues réflexions et pour d'autres raisons, considérait comme la plus vraisemblable ? Nous n'avons pas la prétention de trancher ici une aussi grosse question, qui nécessiterait des années d'études : nous nous permettons simplement de la soulever.

Comme nous l'avons dit au début, nous n'avons pas cherché dans ce qui précède à exposer un système cosmogonique. Nous avons seulement voulu rassembler quelques conséquences probables d'un phénomène irréversible, encore actuel et qui, nié naguère, attire de plus en plus l'attention. Il se peut que toutes n'aient pas dans la réalité la même importance; mais en ce cas la charge de la preuve se retourne : si les chutes

1. Haidinger : *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Vienne*, II Abth., Bd LIV, 1866, p. 20.

1. Comme par exemple celui d'Ovifak (Groenland), dont on considère l'origine terrestre comme établie par l'existence du fer natif dans les basaltes situés tout à côté.

2. Les régions invisibles du globe et des espaces célestes, p. 221.

3. A cela près que *les roches sédimentaires y feraient défaut.*

4. Popular Lectures and Addresses, t. II, p. 121.

météoritiques, indiscutables comme elles le sont, n'ont pas eu les effets que nous avons décrits, on est en droit de se demander comment ceux-ci se sont trouvés détruits ou masqués par d'autres et par quels autres.

On l'a dit souvent : ce ne sont pas les faits qui comptent, mais bien les faits significatifs, et celui-là en est un, à n'en pas douter. Les suites qu'il comporte ne sont d'ailleurs pas universelles et ne sauraient éclaircir à la fois, comme quelques savants ont paru le croire, tous les problèmes de la Cosmogonie : il n'y a pas que des météorites dans le Monde! Ne faisons pas à la Nature cette injure de la croire trop aisément intelligible; le mot d'Hamlet est toujours vrai : il y a plus de choses dans le Ciel et sur la Terre que n'en rêve toute notre philosophie.

Nous ne nous sommes occupé ici que de la période immédiatement antérieure à la nôtre. Et tout ne sera pas fini quand il sera établi qu'un chaos de météorites solides a engendré, sous l'action du temps et de forces encore observables, le système solaire actuel : une foule de questions nouvelles se poseront alors, dont la solution appartient à l'avenir. Nous ne devons pas nous en étonner : les sciences n'avancent pas à la manière d'un voyageur sur une route, mais d'une onde au sein d'un liquide, et leurs progrès mêmes ne font que rendre plus nombreux leurs points de contact avec le mystère qui nous entoure.

Jean Bosler,
Docteur ès Sciences,
Astronome à l'Observatoire de Meudon.

L'ANALYSE DE LA MATIÈRE VIVANTE PAR SES RÉACTIONS AUX POISONS[1]

Toutes les formes de la matière vivante auxquelles nous avons libre accès sont affectées par certains poisons, dont quelques-uns ont des propriétés chimiques évidentes qui suggèrent leur mode d'action. Ainsi, les effets des alcalis et des acides et des précipitants des protéines ne se discutent guère. D'autres, comme la quinine ou l'acide prussique, qui affectent la plupart des tissus vivants, ont une action plus subtile. On suppose que le facteur commun qui est modifié par ces poisons est constitué par les ferments; la quinine et l'acide prussique seraient donc des réactifs qualitatifs de la présence de quelques ferments, en particulier des ferments oxydants, et ils ont été utilisés pour déterminer si telle modification est de nature fermentative ou non. D'après Loew, l'aldéhyde formique est toxique pour la matière vivante à cause de sa grande affinité pour le groupe NH^2 des protéines. La toxicité d'autres poisons généraux, comme la cocaïne, est plus obscure. Mais les résultats déjà obtenus doivent encourager d'autres recherches sur l'action des poisons généraux du protoplasma et l'association de celle-ci avec des constituants spéciaux de la cellule.

***

Chez certains poisons, le trait dominant est l'action sur le système nerveux central; les plus intéressants à ce point de vue sont les corps simples employés comme anesthésiques ou hypnotiques, tels que l'éther, le chloroforme et le chloral. Leur emploi étendu dans la pratique médicale a obscurci peut-être le fait qu'ils agissent aussi sur d'autres tissus; mais leur effet sur le système nerveux est le plus facile à mettre en évidence. Ils agissent non seulement sur la cellule nerveuse, mais aussi sur la fibre nerveuse, comme l'ont montré Waller et d'autres. Les terminaisons mêmes sont plus susceptibles que les tissus où elles sont incluses, ainsi qu'il ressort des observations de Gros. L'action sélective de ce groupe de substances sur les tissus nerveux a été attribuée par Overton et Meyer à la richesse des neurones en substances lipoïdes, qui provoque chez ceux-ci une accumulation de ces poisons, tandis que les cellules qui contiennent moins de lipoïdes sont moins affectées. En somme, ces poisons permettraient de mesurer la proportion de lipoïdes dans la cellule vivante. Malgré l'appui donné à cette hypothèse par de très ingénieuses expériences de Meyer et de ses élèves, elle n'est plus guère acceptée aujourd'hui. Trop d'exceptions à la règle devront être expliquées avant que l'action de ces poisons puisse être attribuée entièrement à leur coefficient de partage entre les lipoïdes et l'eau. Il n'en subsiste pas moins que ces substances, à certaines concentrations, peuvent être considérées comme des réactifs de la présence de structures nerveuses et sont utilisables dans ce but.

1. Extrait du Discours d'ouverture de la Section de Physiologie au Congrès de Newcastle de l'Association britannique pour l'Avancement des Sciences (sept. 1916).

D'autres corps qui influent sur le système nerveux ont une sphère d'action plus étroite. Telles la morphine et la strychnine, qui paraissent limitées à la région des cellules nerveuses, quoiqu'il y ait doute sur la question de savoir si elles affectent le corps cellulaire seul ou les synapses entre certains de ses appendices. On n'a pas trouvé qu'elles agissent sur les structures nerveuses périphériques chez les Vertébrés, ni sur aucune région non spécifique du système nerveux central; on n'a pas établi non plus qu'elles influent sur les Invertébrés. La substance sur laquelle elles réagissent est donc très étroitement limitée autour de la cellule nerveuse.

L'intérêt s'est surtout porté, dans ces dernières années, sur les alcaloïdes qui agissent sur les terminaisons extrêmes des divers groupes de nerfs. Ce sont les réactifs les plus spécifiques que nous possédions pour certaines formes de la matière vivante. Ainsi, si un organe réagit à l'adrénaline, on peut conclure qu'il renferme la substance caractéristique de la terminaison des fibres sympathiques avec autant de certitude qu'on déduit la présence d'un groupe phénolique de la réaction avec le fer. Et cette substance sympathique peut être ensuite analysée en deux parties au moyen de l'ergotoxine, qui réagit avec la matière des terminaisons sympathiques motrices, tandis qu'elle laisse inaffectées les terminaisons inhibitrices. De même, les terminaisons des nerfs parasympathiques sont triées, à quelques exceptions près, par les groupes représentés par la pilocarpine et l'atropine; ici aussi, sans doute, quelque substance définie est décelée par ces réactifs.

On a observé, d'autre part, que ces substances des terminaisons nerveuses ne réagissent qu'à un seul des isomères optiques de ces divers poisons. Ainsi, les formes dextrogyres de l'atropine et de l'adrénaline sont sans action; il est donc très probable que le réactif des terminaisons nerveuses est lui-même optiquement actif, quoique son signe soit encore inconnu. Cette différenciation très nette des deux isomères optiques n'est pas caractéristique de toutes les formes de matière vivante; ainsi le muscle cardiaque semble réagir également au dextro et au lévo-camphre. Le système nerveux central contient des substances qui réagissent un peu différemment aux isomères du camphre et de l'atropine, mais le contraste n'est pas si accusé que pour les terminaisons nerveuses.

***

Le chimiste, dans son laboratoire, n'a pas toujours la chance d'effectuer une analyse par un seul essai. Il trouve, par exemple, que l'addition de sulfure d'ammonium précipite un groupe considérable de métaux, qui doivent ensuite être distingués par une série de réactions secondaires. Le pharmacologiste, agissant comme un explorateur dans l'analyse de la matière vivante, trouve aussi qu'un seul poison affecte un certain nombre de structures qui ne semblent pas posséder de caractère anatomique ou physiologique commun. Mais, de même que le chimiste reconnaît des points de ressemblance dans le groupe de métaux qui se comportent de même façon avec son réactif, nous sommes sans doute justifiés en considérant que les effets de notre poison sur des organes apparemment différents indiquent la présence d'une même substance ou de substances voisines dans ces organes.

Un des exemples les plus intéressants de ce genre est la réaction commune des extrémités des nerfs moteurs dans le muscle strié et des ganglions périphériques du système autonome. On sait depuis longtemps que le curare et ses alliés agissent, en petites quantités, sur les terminaisons des nerfs moteurs dans le muscle ordinaire, tandis qu'en grandes quantités ils paralysent la conduction à travers les ganglions autonomes. Plus récemment, Langley a montré que la nicotine et les substances voisines, qui agissent en petites quantités sur les ganglions, étendent leur action aux terminaisons motrices à plus forte dose. Quelques produits occupent des positions intermédiaires entre le curare et la nicotine, et il est difficile de les attribuer à l'un ou l'autre groupe. Ces observations ne permettent pas de douter qu'il existe une substance ou un agrégat commun aux terminaisons nerveuses dans le muscle strié et aux ganglions autonomes. On diffère sur sa position anatomique exacte : d'abord, on l'a localisée dans les terminaisons des fibres nerveuses des muscles et des ganglions, mais Langley a montré que, chez ces derniers, le point d'action réside dans la cellule ganglionnaire même, et ses recherches sur l'antagonisme de la nicotine et du curare dans le muscle semblent indiquer que la substance réagissante est beaucoup plus périphérique qu'on ne l'a supposé, peut-être à mi-chemin entre la terminaison anatomique du nerf et la substance contractile. Une autre analogie existe entre les ganglions et les terminaisons des fibres postganglionnaires du parasympathique, car Marshall et Dale ont fait voir qu'une série de substances, comme les sels de tétraméthylammonium, affectent chacun d'eux avec une intensité variable. Le caractère spécifique de la réaction ressort du fait qu'elle ne se produit

plus avec les sels homologues du tétraméthylammonium.

On observe une autre relation étroite entre les réactions sur le cœur et sur les vaisseaux des glucosides de la série de la digitaline. Ils agissent tous sur le muscle cardiaque, et à plus forte concentration sur celui des parois vasculaires; il y a donc dans les deux une base commune qui est affectée par ces poisons, hypothèse très naturelle si l'on considère que le cœur s'est développé à partir des vaisseaux. Une relation plus obscure se présente dans la réaction de ces substances sur le centre cardiaque inhibiteur de la moelle, qui est excité à une activité anormale par leur présence dans le sang. Il existe une relation analogue dans la réaction commune du muscle cardiaque et du centre du vague à l'aconitine et à quelques alcaloïdes voisins. D'autre part, la série de la saponine, qui présente une grande analogie avec les corps digitaliques dans son effet sur le muscle cardiaque, est dépourvue d'action sur la moelle. La substance réagissante dans le cœur est donc capable de répondre à la digitaline, à la saponine et à l'aconitine, tandis que celle du centre du vague n'est pas affectée par la saponine et ne répond qu'à la première et à la dernière.

On sait que la caféine influe à la fois sur le rein et la cellule musculaire; Schmiedeberg a même essayé de mesurer l'action diurétique probable des corps puriniques par l'observation de leur effet sur la contraction musculaire. D'autres réactions du rein suggèrent une relation avec les parois de l'intestin: ainsi plusieurs métaux lourds et d'autres corps irritants agissent fortement sur le rein et l'intestin; toutefois, cette similitude de réaction, quoique frappante, peut provenir d'une analogie de fonction de l'épithélium plutôt que d'une relation spécifique avec les sels métalliques qui est rare chez les autres formes de matière vivante.

On pourrait citer bien d'autres exemples d'organes qui, sans relations morphologiques ou fonctionnelles apparentes, réagissent aux poisons à des doses auxquelles les autres tissus sont en général indifférents. Cette réaction commune ne peut guère s'interpréter que comme indiquant la présence d'une substance ou d'un groupe de substances voisines communes à ces organes. Cependant, elle pourrait être attribuée aussi à une communauté de relations physiques. Les réactions du tissu vivant aux agents chimiques peuvent provenir d'un arrangement spécifique de sa molécule, mais elles sont aussi susceptibles d'être rapportées à l'arrangement des molécules elles-mêmes. Et les relations curieuses des réactions de différents tissus peuvent indiquer, non un facteur chimique commun, mais un arrangement commun des molécules agrégées. Il nous est impossible de dire laquelle de ces deux hypothèses est exacte.

Jusqu'à présent, le pharmacologiste spéculatif s'est attaché surtout à comparer les relations chimiques des médicaments qu'il applique aux tissus vivants; de nombreux faits sont aujourd'hui acquis et l'on a formulé cette loi que l'action pharmacologique dépend directement ou peut être déduite de la constitution chimique. En examinant les faits, anciens et nouveaux, on ne peut s'empêcher de reconnaître que l'attention s'est surtout portée sur les cas qui confirment la loi, tandis qu'on a ignoré ceux, beaucoup plus nombreux, où la règle est en défaut. Les difficultés sont très grandes : ainsi, quelles considérations chimiques faut-il évoquer pour expliquer pourquoi les tissus nerveux centraux réagissent différemment aux bromures et aux chlorures, tandis que les autres tissus y sont presque également indifférents? ou comment les différences chimiques connues entre le potassium et le sodium peuvent-elles être mises en relation avec leurs effets variables sur presque chaque forme de tissu vivant?

On a accordé moins d'attention à l'autre facteur de la réaction : les propriétés du tissu vivant qui conduisent une cellule à réagir à un poison, tandis qu'une autre est indifférente. Un examen plus détaillé du point exact où le poison agit, une connaissance plus grande des caractères physiques des drogues elles-mêmes et des rapports des substances colloïdes avec ces caractères, sont nécessaires. Nous devons chercher à classer les tissus vivants en groupes déterminés non par leurs caractères morphologiques ou même fonctionnels, mais par leur capacité de réaction vis-à-vis des agents chimiques. Le progrès est lent, mais continu, et si aucune attaque générale du problème n'est possible actuellement, nous commençons à réunir des informations sur la position des divers groupes à attaquer. Quand on aura fixé un nombre suffisant de ces réactions qualitatives pour chaque forme de matière vivante, il sera alors possible à quelque Darwin de bâtir un pont reliant la chimie structurale de la molécule protéique aux réactions de la cellule vivante.

A. R. Cushny,
Membre de la Société Royale de Londres,
Professeur à l'Université de Londres.

L'AVENIR DE L'HORLOGERIE FRANÇAISE[1]

L'industrie horlogère ne figure pas au nombre des grandes industries françaises, du moins par son chiffre d'affaires. Elle en est cependant une des plus intéressantes par sa nature même. Sa pratique sérieuse exige des connaissances théoriques étendues et un apprentissage laborieux et long. Elle touche à la fois à l'art et à la science, en même temps qu'elle requiert une grande habileté manuelle. Elle a de plus en France tout un passé de gloire. Son sillon est jalonné de noms illustres : noms d'artistes et noms de savants. Elle est enfin chargée d'assurer la plus difficile à saisir de toutes les mesures, celle du temps à travers lequel nous évoluons, *in quo vivimus, movemur et sumus.*

C'est à ces divers titres qu'il a paru utile de lui consacrer une place dans la grande enquête industrielle entreprise par la *Revue générale des Sciences.*

I. — Importance de l'horlogerie française

Nous avons en France beaucoup de statistiques et de statisticiens. Cependant, aucun de ceux-ci ne semble s'être encore avisé d'explorer le domaine de l'horlogerie. Aussi, n'avons-nous que des notions fort confuses sur l'importance réelle de cette industrie. Les chambres syndicales patronales ont sans doute jugé trop terre à terre la recherche de la réponse à cette question, cependant primordiale : « Combien sommes-nous et que faisons-nous » ? Quant aux syndicats ouvriers, naturellement plus curieux, ils existent à peine à l'état d'ébauche. Les estimations individuelles que nous avons pu relever présentent d'invraisemblables divergences. Les statistiques officielles, elles, sont complètement faussées par la confusion inévitable entre l'horloger fabricant et l'horloger détaillant ou réparateur.

Dans ces conditions, le mieux est de nous borner à citer les différents chiffres que nous avons pu relever, sans essayer d'en dégager une conclusion précise.

En 1867, Claudius Saunier estimait, dans la *Revue chronométrique*, la production française d'horlogerie de toute sorte à 42 millions de francs, chiffre qu'il portait à 56 millions en 1878. En 1867, il comptait environ 20.000 ouvriers, dont 4.000 à Paris. Il ne donne pas d'indications précises pour 1878, se bornant à porter comme doublé le chiffre des ouvriers parisiens.

En ce temps-là, notre production française était à peu près équivalente à celle de la Suisse, chacun des deux pays entrant pour environ 30 % dans la production mondiale, évaluée à un peu plus de 200 millions de francs. Saunier estimait à 2 millions et demi le nombre des montres fabriquées dans l'univers entier. Dans ce chiffre, il faisait entrer la Suisse pour un million et demi, la France pour 500.000, les Etats-Unis pour 300.000 et l'Angleterre pour 200.000.

A l'occasion du Centenaire de la Fabrique bisontine en 1893, M. Jules Japy, le grand industriel de Beaucourt, parlait dans son rapport de 60.000 ouvriers français, produisant 75 millions de francs de montres, pendules et horloges, par an. En 1889, le rapport de M. Paul Garnier à l'Exposition universelle n'accusait guère que 45.000 horlogers. Et ce chiffre a été reproduit presque identiquement dans le rapport de M. Borrel sur l'Exposition de 1900. Mais, en se basant sur les résultats du recensement de 1901, M. Barat, inspecteur permanent du travail, n'arrive qu'au total de 9.000 ouvriers proprement dits[1]. Depuis, et en se fondant sur les résultats du recensement de 1906, la Direction de la Statistique générale de la France évalue à 20.000 le nombre des ouvriers de la fabrique proprement dite et à un chiffre à peu près égal celui des horlogers bijoutiers détaillants ou réparateurs.

Admettons, faute de mieux, ces derniers chiffres. Admettons aussi qu'un ouvrier français produise autant qu'un ouvrier suisse : nous chiffrerons la production horlogère française à *une soixantaine de millions de francs.*

Notre production nationale serait ainsi restée sensiblement stationnaire depuis un demi-siècle, alors que celle de la Suisse a triplé dans le même espace de temps. La situation ne serait donc pas brillante chez nous.

En ce qui concerne les 20.000 Français portés sur les recensements comme horlogers bijoutiers détaillants, qui n'entrent pas en ligne dans la fabrication, mais doivent, en raison de leur qualité de réparateurs, posséder une instruction beaucoup plus sérieuse et étendue que les ouvriers fabricants, la seule chose qu'on en puisse dire sûrement, c'est qu'ils sont trop, beaucoup trop, trop de la moitié ! Au moins !

1. Cet article a été écrit en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française ?* Voir les précédentes réponses dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars 1916.

1. *Rapport sur l'apprentissage dans l'industrie de l'horlogerie*, Paris, 1911.

II. — LOCALISATION DE L'HORLOGERIE FRANÇAISE

Si la Suisse fabrique à peu près exclusivement la montre, — elle en exporte annuellement *une douzaine de millions !* — la France en produit infiniment moins. Cette construction est localisée sur le versant du Jura, dans le Doubs et le Haut-Rhin. La montre de précision se fabrique à Besançon, la montre courante entre Beaucourt et Morteau.

La pendule sort abondante, à l'état de blanc ou de mouvement complet, du Haut-Rhin et de la région de Montbéliard. Elle occupe là-bas de vastes usines. Paris est également un centre pendulier, mais il ne pratique que l'établissage.

La pendule de voyage a été longtemps, avec le chronomètre de marine, la spécialité de Saint-Nicolas-d'Aliermont dans la Seine-Inférieure.

La grosse horlogerie sort presque exclusivement du Jura, principalement de la région de Morez.

Les fournitures viennent de la région de Cluses, où elles sont groupées autour de la vieille École nationale d'Horlogerie.

La grosse horlogerie de clocher ne se prête pas à la fabrication en grandes séries. N'y sont par suite occupées que des usines de modeste importance. La pendule et la montre alimentent des établissements plus vastes, réunissant assez souvent plusieurs centaines d'ouvriers. Mais on peut dire qu'il n'existe guère chez nous qu'une usine d'horlogerie pouvant supporter la comparaison avec les grands établissements suisses. C'est la maison Japy, où se continuent les traditions inaugurées en Europe il y a près d'un siècle et demi par Frédéric Japy, le véritable initiateur de la fabrication mécanique.

L'usine de Beaucourt occupait au moment de la guerre environ 1.500 ouvriers. Elle produisait, entre autres, 1.500 montres par jour, de qualité ordinaire et donnant l'heure à une minute par 24 heures, pour le modique prix de cent sous. On y fabriquait également le genre de réveil dit américain. Pour la pendule, fabriquée dans une autre de ses usines, la firme Japy frères faisait partie d'un consortium régional avec dépôt à Paris. C'est ce dépôt qui fournissait à peu près exclusivement les penduliers de la capitale des *ébauches, blancs* et *roulants* nécessaires à leur établissage? Depuis quelques années, la maison Japy frères s'orientait vers la fabrication de la pendule complète et finie.

Il est intéressant de noter que les usines d'horlogerie Japy réussissaient parfaitement à concurrencer, sur les marchés étrangers les produits suisses et allemands. Elles exportaient notamment de nombreux réveils américains, tandis que beaucoup de détaillants français livraient à leur clientèle le même article, mais importé d'Allemagne.

Nous voyons déjà poindre, à la suite de ces constatations, deux conclusions importantes pour l'industrie qui nous occupe :

1° Si l'on met à part la pièce de précision et la grosse horlogerie mécanique qui ne comportent pas de grandes séries, le succès de la fabrication horlogère ne peut être assuré que par *de grandes usines pouvant utiliser un matériel perfectionné;*

2° La vente des produits usinés est grandement facilitée par des consortiums ou *syndicats de vente.*

III. — COUP D'ŒIL AU DEHORS

Nous allons citer ici quelques chiffres, bien de nature à corroborer la première de ces conclusions.

Trois pays fabriquaient, au moment ou éclata la guerre, l'horlogerie en grandes séries : la Suisse, les Etats-Unis et l'Allemagne.

La Suisse était la grande pourvoyeuse de montres du monde. Son exportation avait atteint en 1913 le chiffre formidable de 183 millions et demi de francs. Elle avait, cette année-là, envoyé à l'étranger 1.116.433 montres d'or, près de 3 millions et demi de montres en argent, près de 8 millions de montres métal et plus de 1.100.000 mouvements sans boîtes. Naturellement, la guerre a porté un coup sensible à cette activité de nos voisins d'outre-Jura. Aussi en 1914 l'exportation a-t-elle fléchi à 124 millions de fr. Mais en 1915 elle est déjà remontée à 141 millions. C'est surtout la montre d'or qui a été atteinte par la grande crise européenne. Et cela n'a pas besoin d'explication. D'ailleurs, si le nombre des montres d'or est tombé à 556.510 en 1915, par contre celui des montres d'argent est resté à près de 2.700.000 et celui des montres à boîtes de métal a dépassé 9 millions de pièces.

Ces chiffres soulignent nettement la *souplesse* et la *vitalité* de l'industrie horlogère suisse. C'est, du reste, cette industrie qui fournit à nos voisins leur meilleure *balance commerciale.*

Parmi les clients de la Suisse horlogère, c'est l'Allemagne et l'Angleterre qui figuraient au premier rang, lui achetant un tiers environ de son exportation. L'Autriche-Hongrie, la Russie et l'Italie venaient ensuite.

D'une statistique publiée par M. Fallet-Scheurer et remontant à 1905 [1], il résulte qu'à cette

1. *Le travail à domicile dans l'horlogerie suisse*, Berne, 1912.

époque les sept principales usines d'horlogerie helvétiques occupaient un personnel de 6.400 ouvriers ou employés et utilisaient une force motrice de 800 chevaux. Ces chiffres se sont depuis lors sérieusement augmentés. C'est ainsi que l'usine Zénith, du Locle, qui occupait en 1905 environ 600 ouvriers, en avait à peu près 1.000 en 1914. La proportion de l'augmentation a été à peu près la même dans l'usine de Tavannes. Aux Longines, à Saint-Imier, on est passé de 1.800 à 2.500.

En 1914, l'Allemagne était encore essentiellement un pays producteur de pendules. Elle avait, l'année précédente, importé pour 32 millions de francs de montres suisses. Mais elle se préparait à la fabrication intensive de la pièce ordinaire de poche. Et cela avec des moyens formidables. On peut se faire une idée de ces moyens en songeant que les usines de la grande firme Junghans et Haller, dont le principal siège est à Schramberg, occupaient à la fabrication des pendules et horloges 4.500 ouvriers et ouvrières et disposaient d'une force motrice totale de 3.300 chevaux. Cette société avait déjà poussé des ramifications importantes à Venise et à Paris même, où certaines maisons vendaient presque exclusivement ses produits.

Aux Etats-Unis, où la main-d'œuvre est plus élevée, on ne pouvait naguère exporter concurremment avec la Suisse et l'Allemagne que grâce à l'existence des cartels permettant de vendre très cher à l'intérieur pour livrer à perte au dehors. C'est le système qu'on appelle *Dumping*. Mais il n'en existe pas moins de l'autre côté de l'Atlantique des usines colossales susceptibles de devenir dangereuses. Dans une conférence donnée à Besançon au retour de la Mission Damour dont il faisait partie, M. Trincano, directeur de l'Ecole d'Horlogerie de cette ville, signalait qu'il existe là-bas des manufactures produisant 20.000 montres par jour. A 300 jours de travail par an, cela représenterait, pour un exercice de douze mois, 6 millions de montres. Le chiffre doit être trop fort, même appliqué aux deux principaux établissements américains, Waltham et Elgin [1]. Voici en tout cas une statistique qui montre de quels moyens dispose, dans la grande république américaine, l'industrie dont nous nous occupons. En 1909, les documents officiels publiés par le Gouvernement de Washington accusaient l'existence de 120 établissements d'importance fort diverse, occupant au total 25.000 ouvriers ou employés et disposant d'une force motrice de 15.000 chevaux. Le capital engagé dans ces affaires montait à 287 millions de francs et la production totale était d'à peu près 275 millions de fr. Dans le chiffre de capital que nous venons d'indiquer, Waltham et Elgin entraient pour plus de 100 millions.

M. Trincano a été littéralement émerveillé des résultats auxquels sont parvenus les Américains avec de pareils moyens : un machinisme intense permettant de réaliser l'*interchangeabilité la plus absolue*, et un personnel dans lequel il n'entre pas plus de *deux pour cent d'horlogers possédant réellement des connaissances techniques quelque peu sérieuses !*

Cet état de choses est la conséquence naturelle et logique de la spécialisation à outrance, qui trouve sa plus parfaite expression dans ce qu'on appelle la méthode Taylor.

Ce système s'applique à toutes les branches de la fabrication horlogère qui comportent une production et une vente intensives. Il s'arrête seulement aux frontières de l'art et de la haute précision. *Le réglage lui-même, pour toutes les pièces fabriquées mécaniquement, est en passe de devenir en quelque sorte automatique et exclusif de toute connaissance spéciale en horlogerie !*

Ce réglage est en effet fonction de l'accouplement convenable d'un balancier et d'un spiral, du moment que le mécanisme est irréprochable — et les machines modernes permettent de le faire tel. Or cette concordance du balancier et du spiral pour un mécanisme déterminé *peut être préétablie par des études théoriques et des expériences de laboratoire*. La solution de ce problème, autrefois fort compliqué, est d'ailleurs grandement facilitée aujourd'hui par l'emploi, soit dans les balanciers, soit dans les spiraux, d'alliages appropriés d'acier et de nickel, dont l'introduction dans l'horlogerie est due à M. Ch.-Ed. Guillaume, directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

On pourrait faire à l'affirmation précédente l'objection que, dans les pièces n'utilisant pas le poids comme organe moteur, les imperfections inséparables de la fabrication actuelle des ressorts introduisent fatalement des causes de déréglage. On verra par la suite que cette objection peut être levée quand on voudra par l'introduction dans la fabrication d'appareils d'essai permettant de sélectionner d'une façon sûre les bons et les mauvais ressorts et de n'employer que ceux dont les diagrammes de désarmage sont réguliers.

Ceci nous amène à prévoir l'utilité des *laboratoires de chronométrie* réclamés par M. Andrade et dont M. Moulin s'apprêtait à organiser un

1. A l'Exposition de San Francisco, la fabrique Waltham n'accusait en effet qu'une fabrication quotidienne de 3.000 pièces sur ses prospectus.

échantillon à la Faculté des Sciences de Besançon quand éclata la guerre qui fit une de ses premières victimes de ce jeune et brave savant.

Nous pouvons noter en passant que, grâce au machinisme, la valeur de la production américaine est sensiblement supérieure à la production suisse avec un personnel ouvrier environ *moitié moindre.*

IV. — Du rôle de l'enseignement professionnel

Dans les lignes qui précèdent, il a été presque exclusivement question de fabrication. Certains chiffres cités permettent de se rendre compte que cette fabrication n'exige qu'*un tout petit nombre de personnes ayant des connaissances techniques et théoriques professionnelles.* En prenant comme base le chiffre de 9.000 ouvriers horlogers de fabrique donné par M. Barrat, et la proportion de 2 % de techniciens donnée par M. Trincano, il nous faudrait seulement 200 de ces derniers en France. Et en admettant que chacun d'eux suive la carrière pendant vingt ans, ce serait seulement *une dizaine de techniciens que nous aurions à demander par an aux écoles professionnelles d'horlogerie* pour satisfaire aux exigences de la production française.

Si, au lieu de celui de 9.000, nous acceptons le chiffre de 20.000 fourni par les statistiques officielles déduites des feuilles de recensement, nous n'aurions qu'à doubler notre demande.

Mais, à côté des ouvriers horlogers fabricants *qui n'ont besoin d'aucune connaissance en horlogerie,* il y a une catégorie d'horlogers qui ont, au contraire, besoin d'une instruction professionnelle étendue. Ce sont ceux que nous avons appelés *réparateurs,* et que dans la corporation on appelle communément *rhabilleurs,* terme trivial et indigne de ceux qui savent réellement travailler proprement.

Ces réparateurs, à qui nous portons indistinctement un réveille-matin, une pendule de cheminée, un oignon vulgaire, un chronomètre ou une pièce compliquée, doivent posséder la technique de leur art et d'indispensables notions théoriques.

C'est pour leur recrutement, aussi bien que pour celui des techniciens de la fabrique, que se pose véritablement le problème de l'apprentissage sur lequel on discute depuis si longtemps. Ce problème était déjà à l'ordre du jour du temps où Ferdinand Berthoud écrivait, en 1763, son célèbre *Essai sur l'Horlogerie.*

L'apprentissage horloger est long et coûteux. Il aboutit généralement d'autre part à des situations assez mal rémunérées. Ces trois conditions suffisent largement à expliquer à la fois le petit nombre d'*horlogers réellement capables* et l'encombrement de la profession par des *simili-horlogers* et des *bricoleurs.*

Les horlogers capables s'échappent par la tangente vers la mécanique, qui leur offre une rémunération plus convenable de leur habileté et de leur adresse. On conçoit qu'il soit peu séduisant pour un garçon, ayant passé quatre ou cinq ans à se perfectionner dans un métier, d'entrer dans une maison aux appointements de quarante francs par mois, logé et nourri, comme disent les annonces de certains périodiques! Ce que gagne une bonne à tout faire ordinaire, moins le sou du franc!

Cette situation déplorable est due d'une part à l'abaissement du prix des montres et des pendules et à la concurrence acharnée des gâcheurs de prix.

Il est évident qu'on ne persuadera jamais à l'acheteur d'une montre de cinq francs de dépenser cette somme pour remettre son *chronomètre* en état. Il préférera toujours et naturellement en acheter un neuf pour le même prix. Il est aussi évident que, si on lui a fait payer trois francs pour la remise soi-disant en état d'une montre médiocre, il trouvera exagéré qu'on lui demande trois fois plus pour la même réparation exécutée sur une montre de qualité.

Il y a là une sorte de cercle vicieux, ou plutôt une spirale vicieuse, qui tend à rapprocher aussi bien les prix de vente que les prix de réparation — de rhabillage pour employer le langage des horlogers — du zéro central!

On s'imagine sans peine qu'il soit de plus en plus difficile de faire à l'atelier des apprentis pour une industrie aussi précaire. Et c'est à l'école professionnelle qu'on voudrait demander ce que l'atelier ne donne plus.

L'école peut-elle donner satisfaction à ce desideratum? Peut-être!

Mais, en tout cas, à condition de pratiquer un enseignement basé sur des principes en quelque sorte mathématiques, à condition d'être distributrice d'un enseignement vraiment rationnel.

V. — L'enseignement rationnel

Dans son Rapport sur l'apprentissage en horlogerie, M. Barr a enregistré cette doléance : « Chefs d'établissement, syndicats patronaux et syndicats ouvriers, sont d'avis que l'ouvrier formé dans une école professionnelle n'est capable de rendre des services qu'après plusieurs années de pratique à l'atelier. »

Il semblerait au premier abord y avoir là une condamnation définitive de l'enseignement professionnel horloger. Mais ce jugement n'ayant

été prononcé qu'en raison de la non-adaptation dudit enseignement aux transformations de l'industrie, au moment où l'enquête fut exécutée, c'est-à-dire il y a une dizaine d'années, il peut être sujet à revision.

Trois conditions essentielles doivent, à notre avis, être remplies par cet enseignement pour éviter le défaut rédhibitoire signalé par M. Barrat. Il doit être à la fois *souple*, *industrialisé* et *intégral*.

Souple, c'est-à-dire qu'il doit *donner à chacun ce dont il a besoin, et non pas imposer un programme rigide et uniforme à quiconque s'adresse à lui.*

Industrialisé, c'est-à-dire qu'en fin d'études chaque *élève doit être mis pratiquement dans les conditions qui seront après sa sortie celles de son travail normal.* En d'autres termes l'élève doit, dès la fin de son écolage, travailler pour le public. C'est le seul moyen de lui éviter ce saut dans l'industrie, générateur des prix de famine.

Intégral, c'est-à-dire que le jeune homme bien doué doit pouvoir pousser ses études jusqu'aux dernières limites.

L'examen de ces conditions nous amène à regarder ce qui se passe à côté de nous, en Suisse, où l'enseignement professionnel horloger est particulièrement développé.

La Suisse possède 10 écoles d'Horlogerie réparties dans ses divers centres de production, et par suite d'importance très diverse. La doyenne est celle de Genève qui remonte à 1824. Viennent ensuite chronologiquement les établissements de la Chaux-de-Fonds (1865), Saint-Imier (1866), Le Locle (1868), Neuchâtel (1871), Bienne (1872), Fleurier (1875), Porrentruy (1884), Soleure (1884) et la Vallée-de-Joux (1901). La population scolaire horlogère normale de ces établissements se chiffre par environ 500 présences. Sur ce nombre, La Chaux-de-Fonds et Le Locle comptent chacun plus de 100 élèves, alors que Fleurier n'en a que 20.

Essentiellement régionales, ces écoles se proposent de servir efficacement l'industrie propre du canton ou du coin de canton où elles sont établies[1]. L'enseignement n'y est donc pas toujours intégral, mais partout il est souple et a au moins une large tendance à l'industrialisation. Nous prendrons pour terme de comparaison l'une des écoles qui répondent le plus exactement aux desiderata que nous venons d'exprimer : celle du Locle.

L'École d'Horlogerie du Locle fait aujourd'hui partie de l'ensemble que l'on appelle Technicum. C'est un agrégat de 5 écoles, dont les quatre autres sont consacrées à la Mécanique de précision, à l'Électrotechnique, à la Décoration artistique et au Montage de la boîte.

Ouvert en 1903, le Technicum a coûté 360.000 fr., sans ameublement ni outillage. Son budget annuel est de 160.000 francs. Si vous rapprochez ce chiffre de celui de la population — 13 à 14.000 habitants, — vous apprécierez à sa valeur l'effort réalisé en vue de l'enseignement professionnel par la « Mère commune des Montagnes neuchâteloises ».

Au cours de l'année scolaire qui vient de finir — au 30 avril — le *Technicum* a été fréquenté par 230 élèves réguliers et 154 externes. Pour sa part, l'École d'horlogerie a enregistré 129 réguliers et 50 externes. Et, si maintenant l'établissement veut encore se développer, il faudra rebâtir !

Rappelons, pour bien comprendre l'effort loclois, que le pays construit tous les genres de montres, sauf la camelote.

On remarquera l'*importance de la fréquentation des cours extrascolaires d'externes.* Ils ont généralement lieu le soir. Cette fréquentation est un hommage rendu par les auditeurs à la qualité de l'enseignement théorique et technique dont ils n'ont pas été à même de profiter normalement. C'est aussi une preuve de la nécessité de ces leçons données par des professeurs compétents.

L'enseignement normal comprend deux grandes divisions pour les *techniciens* et les *praticiens*.

La section des techniciens se propose de former des directeurs, techniciens et contremaîtres de fabrique. Pour y entrer, il faut « être au moins dans sa quinzième année et avoir le bagage d'instruction générale qu'on acquiert dans deux ans de fréquentation d'une école secondaire neuchâteloise ». La durée des études est de neuf semestres. L'enseignement aboutit à un diplôme officiel, équivalent de la licence, et donnant droit d'entrée sans examen à l'Ecole des Ingénieurs de Lausanne.

La section des praticiens se propose la formation d' « horlogers praticiens ayant de solides connaissances théoriques élémentaires ». Elle demande à ses candidats d'avoir quatorze ans et subi avec succès les examens de la première classe primaire. La durée normale des études est de sept semestres. Mais, en dehors de ce cycle, l'Ecole ouvre son enseignement à ceux qui n'ont besoin de faire qu'un apprentissage partiel. On fait deux ans pour devenir pivoteur, acheveur ou régleur, deux ans et demi pour être acheveur-pivoteur, repasseur ou remonteur. Un an suffit

1. Le canton de Neuchâtel compte 4 de ces écoles à Neuchâtel, La Chaux-de-Fonds, Le Locle et Fleurier. Celui de Berne en a trois à Porrentruy, Bienne et Saint-Imier.

aux sertisseurs. A côté des apprentissages partiels, nous trouvons encore les apprentissages rapides intéressant les futurs marchands d'horlogerie ou de fournitures et l'apprentissage de perfectionnement dont la durée peut être quelconque à partir de trois mois.

Ces grandes divisions, avec les modalités que comportent les sujets enseignés, se retrouvent dans les autres classes du *Technicum*, spécialement chez les mécaniciens.

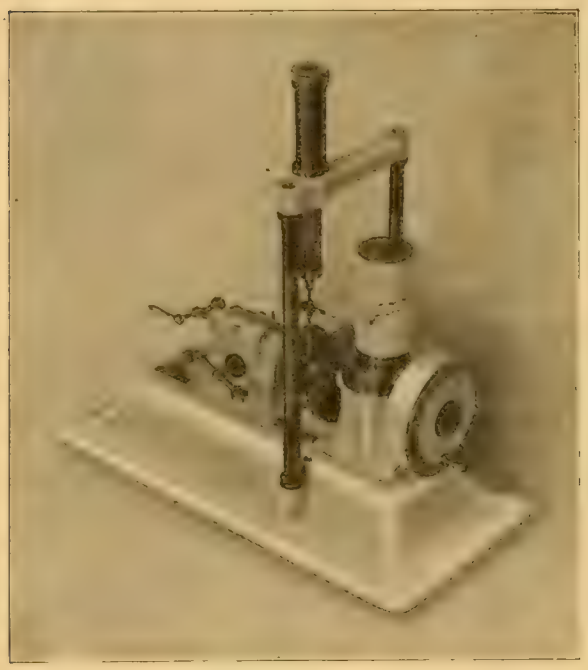


Fig. 1. — *Machine à vérifier la qualité des ressorts de montres* (construite au Technicum du Locle).

La rémunération scolaire est en général de 2 fr. 50 par mois pour les Loclois et de 5 francs pour les autres Suisses. Elle est portée à 25 francs pour les étrangers.

Les matières de l'enseignement théorique vont depuis les éléments de la Physique et de la Mécanique jusqu'aux principes du Calcul infinitésimal, nécessaire à qui veut étudier les grandes questions du réglage de précision.

Quant à l'enseignement pratique, il est donné par des maîtres qui ont déjà fait leurs preuves dans l'industrie.

On peut dire que le *Technicum*, tel qu'il fonctionne sous une administration centralisatrice unique, constitue une sorte d'*Université horlogère et mécanique* dont les leçons théoriques et pratiques sont appuyées d'une bonne bibliothèque, d'un musée, de collections et d'appareils de laboratoire.

On juge d'une école à ses œuvres. Le *Technicum*, dont tous les efforts convergent vers un but unique, la prospérité de l'industrie locloise, ne craint aucune comparaison.

Au point de vue du réglage de précision, aboutissant de la science chronométrique, il offre comme garants ses succès de plus en plus marqués aux concours de réglage de l'Observatoire de Neuchâtel. Depuis plusieurs années, ses élèves y obtiennent le prix de série, la récompense qui consacre les bons régleurs. C'est en 1909 que le *Technicum* recevait pour la première fois cette distinction recherchée, avec 13 points. Au cours du dernier exercice, dont les résultats viennent d'être publiés, il a atteint 20 points sur 45!

L'heureuse collaboration des écoles d'Horlogerie et de Mécanique a permis d'autre part au *Technicum* de se livrer à d'intéressantes recherches de laboratoire. L'exposition de Berne en 1914, qui a permis de constater la belle vitalité des écoles professionnelles suisses, présentait plusieurs échantillons de travaux menés à bien dans l'établissement Loclois. La figure 1 en

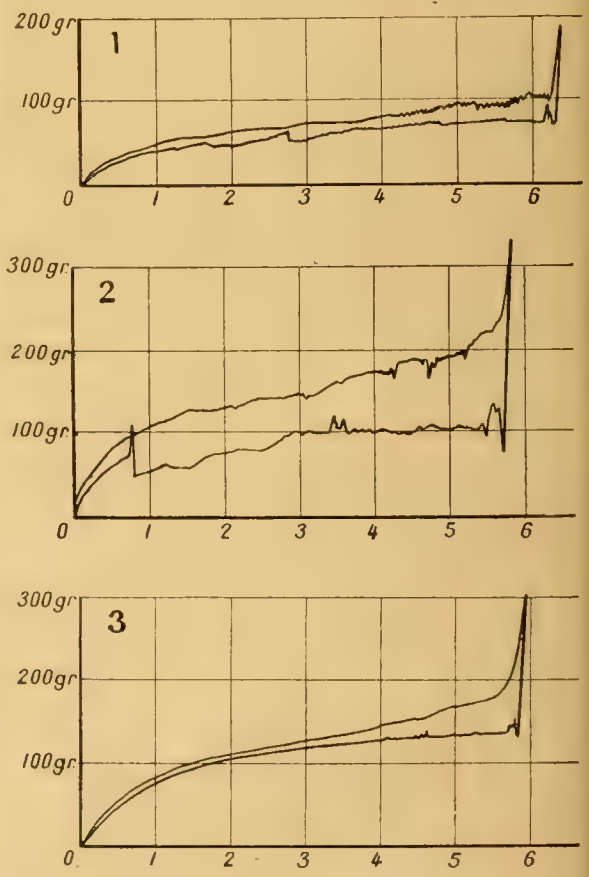


Fig. 2. — *Diagrammes obtenus sur l'appareil à essayer les ressorts du Technicum du Locle.* — Les courbes supérieures correspondent à l'armage, les inférieures au désarmage : les abscisses indiquent le nombre de tours de remontage.

En 1 la force motrice est faible, assez bien utilisée, mais irrégulière.
En 2 la moitié de la force est perdue, l'utilisation est très irrégulière.
En 3 la force est bien employée, presque constante, très régulière.
Les forces sont mesurées sur un rayon de 50 m/m.

représente un, l'appareil à vérifier la qualité des ressorts, tout particulièrement intéressant et utile. Les ressorts de montres et de pendules sont généralement fabriqués au petit bonheur et ce n'est qu'à l'usage que l'on en constate la qualité... ou les défauts. L'appareil de la figure 1 permet d'obtenir des *diagrammes de désarmage* dont la régularité est fonction immédiate de la valeur des ressorts essayés.

La figure 2 reproduit trois diagrammes que M. Weber, directeur de l'Ecole de Mécanique, a bien voulu établir à notre intention. Le premier se rapporte à un ressort ordinaire de montre simplement accroché, non bridé, bandé à six tours de barillet. La courbe de désarmage, assez bonne dans les trois premiers tours, présente ensuite des irrégularités qui dans la marche se traduiront par des à-coups. Le deuxième est celui d'un ressort de qualité franchement mauvaise et, de plus, déformé par son introduction dans le barillet. Le troisième caractérise un excellent ressort bridé, c'est-à-dire non simplement accroché au barillet, mais obligé à en épouser pendant quelque temps la courbure. C'est à peine si sa puissance fléchit au quatrième tour[1]. Quant à son développement, il est d'une remarquable régularité et on n'a pas de peine à s'imaginer qu'il doive conduire son mécanisme avec une force presque absolument constante, étant donné qu'on n'utilise jamais en horlogerie les derniers tours du barillet.

VI. — L'enseignement professionnel horloger en France

Nous possédons en France trois écoles d'horlogerie principales : celle de Cluses, que nous avons héritée du roi de Sardaigne avec la Savoie, et qui date de 1848; celle de Besançon, fondée en 1861; et celle de Paris, créée en 1880. Il existe encore à Lyon une école de rhabillage, due à l'initiative privée d'un horloger énergique, M. Boudra, ainsi qu'une autre de même genre, moins importante, fondée par M. Beillard, à Anet.

La population totale de ces écoles est de 250 élèves horlogers environ. Les trois premières possèdent des sections de Mécanique.

Cluses a une centaine de mécaniciens pour 80 horlogers, Besançon 45 horlogers et 45 mécaniciens environ. Quant à Paris, il a jusqu'à présent manqué d'outillage et de programme pour rendre effectif l'enseignement de la Mécanique de précision qui figure dans son titre.

1. On remarquera combien il y a peu de différence, dans le ressort n° 3, entre la courbe d'armage et celle de désarmage. Il n'y a pour ainsi dire aucune perte de force.

L'Ecole de Cluses dépend complètement du Ministère du Commerce. C'est une école nationale proprement dite. L'Ecole de Besançon porte aussi le titre de nationale, mais elle dépend essentiellement de la Municipalité bisontine. L'Ecole de Paris, fondée par la Chambre syndicale d'Horlogerie de cette ville, a été rachetée en 1909 par la Ville de Paris qui en fait à peu près tous les frais, ses subventions se montant à 80.000 fr. par an environ. La Chambre syndicale d'Horlogerie a toutefois, en vertu d'un accord intervenu au moment de la vente, conservé la direction et l'administration complète de l'établissement qui, au moment de la guerre, recevait une centaine d'élèves. Ce système ne semble pas avoir donné de brillants résultats. Et cela est assez naturel. Lorsqu'on a sa vie assurée par des subventions dont une surveillance rigoureuse ne contrôle pas l'emploi, on arrive fatalement à se croire rentier et à *se laisser vivre*. On s'explique que, dans ces conditions, M. Perregaux, revenant de visiter l'Ecole d'Horlogerie et de Mécanique de précision de Paris, ait pu, dans une brochure, résumer son impression en ces quelques mots : « A Paris, on se sent reporté loin en arrière ! »

Besançon est un centre de fabrication horlogère. Pendant de longues années, son école subit de nombreux avatars. Au moment où la guerre éclata, elle avait un directeur animé de l'esprit de progrès et s'inspirant des méthodes en faveur de l'autre côté du Jura. Elle possède sept sections d'apprentissage dont la durée des études va de un an à quatre ans. On y pratique aussi la distinction nette des études théoriques et des travaux pratiques. Deux innovations très intéressantes ont été apportées il y a trois ou quatre ans. Les professeurs vont voir ce qui se passe dans les autres écoles et en font leur profit. Les élèves travaillent à la fin de leur apprentissage autant que possible dans les conditions de l'atelier et peuvent ainsi se rendre compte de ce qu'ils sont en état de gagner en se plaçant.

L'outillage rudimentaire de l'Ecole a été augmenté dans toute la mesure où l'ont permis les crédits disponibles et l'imparfaite disposition de très vieux bâtiments. On a demandé d'autre part à élever à 14 ans l'âge d'entrée des élèves. On a constaté, en effet, que l'élève de 13 ans, lesté simplement de l'humble bagage de son certificat d'études, suit en général péniblement les cours théoriques. C'est une remarque que nous avons faite nous-même à Paris, où la limite de 13 ans est encore en honneur, et où d'ailleurs les examens d'entrée ne renseignent en aucune façon sur les aptitudes professionnelles des candidats. On sait du reste qu'à Paris — et cela est fort

regrettable — les directeurs d'école ont l'habitude de faire passer à leurs bons élèves des cours complémentaires les examens de deux, trois et parfois quatre écoles professionnelles à bourses simultanément ! Cela corse les palmarès de distribution de prix. Mais cela produit ce résultat que les têtes de liste d'admission de certaines écoles, comme celle d'Horlogerie, sont souvent illusoires.

L'Ecole de Besançon ne pousse pas ses élèves jusqu'à l'examen de technicien qu'on prépare au Locle, à la Chaux-de-Fonds, à Neuchâtel. Mais, dans cet ordre d'idées, elle est secondée par la Faculté des Sciences, qui possède, depuis une douzaine d'années, un cours de Chronométrie créé par M. Andrade. M. Marcel Moulin, titulaire de ce cours, venait justement, en 1914, de le faire aboutir à un diplôme officiel d'*Ingénieur horloger*, équivalent du diplôme suisse dont nous avons parlé.

A Cluses, on a marché sérieusement ces dernières années. Au bâtiment construit en 1880 on a ajouté en 1908 une aile en équerre et l'on dispose d'une belle façade de 75 mètres de longueur. L'outillage, qui valait alors 8.000 fr., en vaut maintenant environ 200.000. La durée de l'enseignement est de 3 ans seulement, mais il faut noter que l'âge d'entrée est de 14 ans. Et aussi que l'Ecole de Cluses, en raison de sa situation excentrique, ne donne pas l'enseignement supérieur aboutissant aux diplômes d'ingénieur ou de technicien. D'après son programme, elle a pour but « de former des ouvriers habiles et instruits capables de réparer ou d'exécuter par les procédés mécaniques les plus modernes les appareils destinés à la mesure du temps et tous autres mécanismes ou machines de précision appropriés aux usages des sciences et des arts ». C'est un but modeste que l'Ecole remplit d'autant mieux que ses règlements autorisent pour ceux qui le désirent et en valent la peine « une quatrième année de perfectionnement ».

La section d'horlogerie forme essentiellement des rhabilleurs et des horlogers pour la fabrique.

L'*industrialisation* des élèves s'exerce dans toutes les sections dès le commencement de la troisième année.

M. Poncet, l'habile et zélé directeur actuel, poursuit d'autre part le but, infiniment louable, de faire de l'école une sorte de *laboratoire technique où l'on étudierait des modèles susceptibles d'être ensuite exécutés en série par les usines.* Il a d'ailleurs pratiquement démontré que ce but était tout à fait réalisable en faisant établir à l'Ecole de nombreux modèles d'appareils de mécanique et d'horlogerie électrique, et en attribuant à cette dernière branche l'importance à laquelle elle a droit et qu'on ne lui donne pas toujours ailleurs. M. Poncet a en particulier réalisé à Cluses un appareil d'essai des ressorts en même temps que le Locle s'attaquait à cette question. L'Ecole de Cluses publie enfin, sous la direction de son Association d'anciens élèves, association florissante, un bulletin rempli de documents techniques et de descriptions d'appareils dont la consultation est fructueuse pour quiconque s'occupe de ces questions d'horlogerie.

Parmi les initiatives de M. Poncet, il faut signaler tout particulièrement celle qui a trait à l'utilisation des *mutilés de la guerre*. Dans la fabrication horlogère, *la conduite des innombrables machines-outils automatiques, semi-automatiques ou autres, peut sans difficulté être confiée à des amputés des membres inférieurs et même du membre supérieur droit.*

Il y a dans cette industrie, pour ces mutilés, un *débouché d'autant plus naturel que l'apprentissage ne demande qu'un temps très court.*

Pour faire des réparateurs ou rhabilleurs, il n'en est pas de même. Ici la question se complique du fait qu'il n'est pas possible de faire une éducation en moins de *deux ans*. Par contre, on a la perspective de pouvoir gagner davantage.

En ce moment, l'Ecole de Cluses compte une cinquantaine d'hommes dans sa section de mutilés. Elle prépare un local pouvant en recevoir 20 à 30 autres.

Pour être admis dans cette section, les hommes versent 1 fr. 20 par jour, moyennant quoi ils reçoivent l'enseignement, la pension, le logement et l'outillage nécessaire. L'Ecole est d'ores et déjà assurée de pouvoir rembourser cette faible indemnité sous la forme de primes au travail ou de constitution d'un pécule de sortie. D'autre part, le transport des mutilés à Cluses se fait gratuitement.

L'Administration se chargera du placement des éduqués ou rééduqués qui n'auront pas réussi à se placer eux-mêmes. Le directeur estime que les salaires de début auxquels pourront prétendre ces pensionnaires varieront de 4 à 6 francs par jour suivant leur diligence.

Les demandes d'admission à Cluses doivent être adressées au Ministère du Commerce, duquel dépend l'Ecole.

C'est grâce à son outillage que l'Ecole de Cluses a été à même d'entreprendre cette œuvre intéressante, qui n'a pu encore être imitée ailleurs. Dans cet ordre d'idées, nous ne connaissons à Paris que l'initiative privée d'un horloger, M. Ceresole, qui poursuit le groupement des

horlogers et penduliers désireux de reprendre leur ancien métier avec les moyens restreints dont ils disposent. M. Ceresole cherche à introduire en France la fabrication des tours et outils d'horlogers, pour lesquels nous étions absolument tributaires de l'Allemagne et des Etats-Unis. Cette initiati e mériterait des encouragements.

VIII. — Conclusions

J'écrivais ici même, il y a six ans (numéro du 30 mai 1910), que le « rôle de la France était de continuer à livrer au monde des pièces d'art et de précision et non de produire des quantités de pièces de valeur moyenne et inférieure ». Cela c'est dans sa tradition.

Il est certain que nous pourrions concurrencer la Suisse et les Etats-Unis pour l'ordinaire et le bon marché. Mais, pour arriver à ce résultat, il faudra un certain temps et l'adoption des procédés en usage dans ces deux pays, particulièrement aux Etats-Unis : grandes usines munies de machines-outils, permettant l'interchangeabilité absolue et non seulement approximative, et division du travail poussée à l'extrême limite. Or il est évident qu'une semblable transformation exigera un effort financier considérable, qu'il sera difficile de produire sans une réforme complète de notre système bancaire, pompe aspirante de l'épargne qu'elle refoule à l'étranger.

Au point de vue technique, on éprouvera sûrement de grandes difficultés à trouver le personnel apte à galvaniser une fabrication en grand. De nos trois écoles, celle de Cluses, d'ailleurs trop excentriquement placée, ne prétend point à ce rôle. Elle a son programme modeste qu'elle remplit parfaitement bien. A Besançon, l'Institut supérieur de Chronométrie, qui eût pu assumer cette fonction, a perdu sa cheville ouvrière avant d'avoir pu fonctionner. Quant à Paris, il ignore superbement ce qu'est une fabrication mécanique, bien que son prospectus se flatte de travailler à la formation de « chefs de fabrication ».

Autant que nous en pouvons juger d'ailleurs pour le moment, il ne nous paraît pas que les groupements syndicaux s'occupent sérieusement de la situation de fait que crée la guerre par sa longue durée. Ceux qui ne sont pas démembrés par la mobilisation traversent la tourmente dans un demi-sommeil, n'ayant point l'air de se douter de ce qui se passera la paix signée, et s'imaginant que la vie industrielle reprendra automatiquement son ancien petit traintrain, comme la vie ordinaire après un mauvais rêve [1].

Or les choses ne se passent point ainsi. Et peut-être n'est-il pas mauvais de rappeler à nos industriels trop confiants ce qui se passa en Suisse, à propos d'horlogerie, il y a juste quarante ans. L'Exposition de Philadelphie venait de montrer au monde l'épanouissement de la mécanique américaine. Le délégué suisse Favre-Perret, rentrant dans son pays, y fit entendre un cri d'alarme véhément. Ce cri fut entendu. Les vieilles méthodes furent abandonnées et c'est grâce à ce sursaut d'énergie que nos voisins d'outre-Jura doivent d'avoir plus que triplé leur fabrication et d'être depuis longtemps les pourvoyeurs du monde [2].

Léopold Reverchon.

1. Signalons toutefois la constitution à Besançon, en juin dernier, d'une *Union horlogère de France* dont il ne nous a pas été possible de nous procurer le programme.

2. Nous adressons nos bien vifs remerciements à M. Perregaux, administrateur général du Technicum du Locle, et Poncet, directeur de l'Ecole nationale de Cluses, auprès de qui nous avons trouvé un accueil parfait et une extrême obligeance.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Maillet (Ed.), *Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Examinateur des élèves à l'Ecole Polytechnique.* — **Cours de Mécanique**, *professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées.* — *1 vol. gr. in-8°, de II-376 p., avec de nombreuses figures dans le texte.* (*Prix : 10 fr.*). *Librairie scientifique A. Hermann et fils, Paris*, 1916.

Ainsi que l'auteur l'indique dans sa préface, cet ouvrage contient le développement du cours professé à l'Ecole des Ponts-et-Chaussées, dans l'année préparatoire. Il suppose donc chez le lecteur la connaissance du cours de Mathématiques spéciales et quelques notions complémentaires d'Analyse.

On y trouve une partie des matières enseignées à l'Ecole Polytechnique, avec quelques applications complémentaires. Le but poursuivi est essentiellement utilitaire, mais on ne cherche à l'atteindre que par des moyens rigoureusement scientifiques.

« Le présent volume — déclare M. Maillet — peut être utile non seulement à mes élèves, mais encore aux futurs ingénieurs de toute catégorie qui veulent acquérir une instruction technique assez étendue et assez élevée; il a l'avantage, à ce point de vue, d'être relativement succinct, sans cependant cesser d'être assez complet. »

Pour savoir si l'auteur, comme je le crois, a pleinement atteint le but qu'il indique, le mieux est, ce me semble, de passer en revue rapidement les divisions principales du volume.

Il contient deux Livres : Mécanique pure, Mécanique appliquée, dont chacun est lui-même subdivisé en deux parties :

Livre I. — 1re partie : Cinématique pure.
2e partie : Statique et Dynamique pures.
Livre II. — 1re partie : Statique et Dynamique appliquées.
2e partie : Cinématique appliquée ; Notions sur les machines.

Au début, figurent quelques notions générales sur les vecteurs et les moments.

La première partie du Livre I contient :
- Chapitre Ier (24 pages) : Mouvement rapporté à un système de comparaison.
- Chapitre II (10 pages) : Mouvements simultanés.
- Chapitre III (14 pages) : Mouvements relatifs.

La 2e partie du même livre contient :
- Chapitre IV (4 pages) : Définitions et principes.
- Chapitre V (28 pages) : Mouvement d'un point matériel libre.
- Chapitre VI (21 pages) Mouvement d'un point matériel qui n'est pas libre.
- Chapitre VII (12 pages) : Centres de gravité et moments d'inertie des systèmes matériels.
- Chapitre VIII (12 pages) : Mouvement des systèmes de n points libres.
- Chapitre IX (16 pages) : Mouvement des solides invariables.
- Chapitre X (19 pages) : Systèmes de n points assujettis à des liaisons.

La première partie du Livre II contient :
- Chapitre Ier (29 pages) : Liaisons des systèmes de solides.
- Chapitre II (18 pages) : Solides articulés, Fils.
- Chapitre III (26 pages) : Statique graphique et applications.
- Chapitre IV (47 pages) : Forces intérieures dans un milieu matériel.

La 2e partie du même Livre contient :
- Chapitre V (38 pages) : Etude cinématique des mécanismes.
- Chapitre VI (38 pages) : Notions sur les machines.

Toutes ces matières sont exposées avec une grande clarté, sobrement, sans développements inutiles. Certes, pour suivre l'auteur, il faut, comme il a soin de le dire avec insistance, la possession de notions mathématiques préalablement acquises. Mais, cette condition étant supposée remplie, nous croyons qu'un tel ouvrage est de nature à rendre les plus grands services à tous les candidats qui se destinent à la carrière d'ingénieur sans avoir suivi la filière des grandes écoles.

Et même pour ces derniers, il est permis de se demander si le *Cours de Mécanique* de M. Maillet ne pourrait pas jouer le rôle d'un excellent aide-mémoire, bien classé, bien rédigé, qui serait d'une sérieuse utilité comme couronnement des études théoriques et aussi plus tard, une fois aux prises avec les applications.

En résumé, ce livre mérite un grand succès, car il répond à un réel besoin. Ce succès, nous osons le lui promettre, malgré les difficultés de l'heure; car si les loisirs sont rares pour cultiver la science pure en ce moment, l'importance de la science appliquée, de la Mécanique appliquée particulièrement, est surabondamment démontrée par les épisodes du grand drame mondial qui va décider du sort de l'humanité.

C. A. Laisant,
Docteur ès sciences,
Ancien examinateur d'admission
à l'Ecole Polytechnique.

2° Sciences physiques

Davis (G. G.), *Chef du Service.* — **Servicio meteorológico Argentino. Historia y organización, con un resumen de los resultados.** — *1 vol. gr. in-4° de 181 p. avec 37 pl. et cartes. Talleres gráficos del Ministerio de Agricultura, Buenos-Ayres*, 1914.

Avant de quitter la direction du Service météorologique argentin, aux destinées duquel il a présidé pendant une trentaine d'années, M. Davis a voulu présenter un exposé de l'histoire et de l'organisation de cette institution.

Le Service météorologique argentin a été établi en 1872, sur la suggestion et sous la direction de M. B. A. Gould, fondateur de l'Observatoire astronomique de Cordoba. A la fin de 1884, époque où il quitta l'Argentine, M. Gould avait établi 52 stations météorologiques, publié 4 volumes d'observations et de discussions, construit des cartes d'isothermes dont les traits essentiels n'ont guère été modifiés par les travaux ultérieurs, et recueilli des données pluviométriques qui, pour la première fois, montraient la distribution des précipitations sur la partie méridionale de l'Amérique du Sud.

En 1885, M. Davis prenait la tête du Service et lui communiquait une vive impulsion, qui l'amenait bientôt à la hauteur des meilleurs services météorologiques du monde. A la fin de 1901, le Bureau central était transféré de Cordoba à Buenos-Ayres, centre des communications télégraphiques et par voie ferrée, dans le but de faciliter la publication d'une carte journalière du temps, et le 1er juillet 1902 paraissait le premier numéro du *Boletin meteorológico*. En septembre 1904, commençait à fonctionner le service de prévision du temps.

Au début de cette même année, le Service argentin avait pris possession de la Station météorologique et magnétique de l'île Laurie, dans les Orcades méridionales, établie l'année précédente par l'Expédition antarctique écossaise. Dans des conditions de grande solitude et de travail difficile, les observateurs de ce poste éloigné ont continué fidèlement leurs enregistrements depuis douze ans, et cette série d'observations a une importance considérable pour la météorologie mondiale.

Avec la station de l'île Laurie (60° 43' lat. S.), le Service météorologique argentin s'étend sur près de 40 degrés en latitude ; il comptait, en 1914, 42 stations de première classe pourvues d'instruments enregistreurs, 152 stations de seconde classe où les observations de tous les éléments météorologiques sont faites trois fois par jour, 12 stations de 3e classe et 1930 stations de 4e classe pour les observations pluviométriques seulement.

L'ouvrage décrit l'organisation des diverses sections du Service. La Section hydrométrique, créée en 1902, s'occupe de la mesure de la hauteur et du débit des rivières et des lacs, et a fourni de précieuses indications pour la construction des barrages de retenue, les travaux d'irrigation et l'utilisation des forces hydrauliques. La Section magnétique possède un observatoire de premier ordre à Pilar, dans la province de Cordoba, créé en 1904, et a organisé plusieurs campagnes d'observations sur tout le territoire de l'Argentine en 1904, 1905, 1908, 1912-1913, qui ont conduit à l'établissement de cartes magnétiques détaillées.

Enfin, M. H. Clayton, chef du Service de prévision du temps, donne un aperçu de la circulation atmosphérique et du climat de l'Argentine.

L'ouvrage renferme, en outre, un résumé concis des résultats des observations des diverses stations et une série de cartes météorologiques qui montrent les traits essentiels de la climatologie de l'Argentine.

R. Panchaud.

Lemarchands (M.), *Chef de travaux pratiques à la Faculté des Sciences de Lyon.* — **La Chimie raisonnée. La Chimie n'est pas une science de mémoire. Comment on doit l'apprendre.** — *1 vol. in-8° de 174 p. de la* Bibliothèque de l'Élève ingénieur. *(Prix : 5 fr.). J. Rey, à Grenoble, et Gauthier-Villars et Cie, à Paris,* 1914.

Dans un avant-propos, l'auteur présente ainsi son ouvrage au lecteur : « Cet ouvrage est publié dans le but de venir en aide à tous ceux qui débutent dans l'étude la Chimie. Il sera utile aux élèves ingénieurs que la Chimie minérale intéresse plus particulièrement. Cette partie de la Chimie surtout a une fort mauvaise réputation parmi les étudiants... Ils ne voient, en elle, qu'une quantité énorme de préparations et de propriétés à retenir et qu'aucun lien ne vient relier. Aucun raisonnement n'éclaire pour eux ce sombre chaos. *La Chimie est pour eux une science de mémoire.* Cette idée est absolument inexacte. Sans nier que la mémoire ait un rôle comme dans toutes les autres sciences,... le raisonnement y entre pour une très grande part et en facilite singulièrement l'étude. »

Partant de ce principe, l'auteur cherche à condenser l'ensemble des faits expérimentaux en un certain nombre de règles ou de lois types qui les résument ou les schématisent. Son ouvrage se divise en 4 parties : la première traite des propriétés des corps, la seconde de leur préparation, la troisième de la théorie des ions dans ses rapports avec la chimie (établissement des équations) : la dernière est un exemple de l'application des trois premières à l'étude d'un élément, le chlore, et de ses composés.

Cet ouvrage suppose déjà une connaissance générale des notions élémentaires de la Chimie ; il ne s'adresse donc pas au débutant. Mais à celui qui a acquis cette première connaissance et cherche souvent à se débrouiller au milieu de l'enchevêtrement des faits, il donnera le moyen de mettre de l'ordre et de la clarté dans ses idées. A ce titre, il sera apprécié non seulement par les élèves de la plupart de nos écoles, mais aussi par beaucoup d'esprits cultivés, qui n'ont gardé qu'une notion un peu vague des éléments de la Chimie et qui voudraient rafraîchir leurs idées dans ce domaine.

A. R.

3° Sciences naturelles

Godefroy (L'-Col P.), *Chef du Service technique des travaux des Territoires du Sud.* — **Programme des chemins de fer dans les Territoires du Sud de l'Algérie.** — *1 vol. in-8° de 196 pages, avec carte. Typographie Adolphe Jourdan, Alger,* 1916.

L'étude claire, méthodique et fortement documentée que vient de publier M. le lieutenant-colonel Godefroy n'est pas seulement, comme pourrait le faire croire un titre trop modeste, l'œuvre d'un ingénieur ; c'est aussi celle d'un économiste, à qui n'est étranger aucun des problèmes que soulève une entreprise de colonisation rationnelle.

Avec raison, M. Godefroy estime que, pour asseoir sur des bases certaines le programme d'ensemble des chemins de fer qui doivent assurer la mise en valeur de nos possessions sahariennes, le premier soin doit être de se rendre un compte exact de la valeur des divers Territoires du Sud-Algérien ; il examine donc quel est le sol de ces régions, puis quelle est leur population, ainsi que ce qu'elle produit et consomme. Il détermine également l'excédent de production, excédent qui, n'étant pas consommé sur place, représente le pouvoir d'achat au dehors.

Et vraiment on ne saurait dresser avec plus de compétence que celle dont l'auteur a fait preuve un inventaire plus précis des ressources qu'offrirait le Sud-Algérien, le jour où des communications régulières seraient établies entre ses Territoires et le nord de l'Algérie et, par là même, avec la France et l'étranger. Alors pourraient se développer, comme le démontre si bien M. Godefroy, la culture notamment du dattier dans le territoire militaire de Toggourt, l'exploitation de l'alfa et l'élevage dans celui d'Aïn-Sefra, l'exploitation encore de l'alfa des hauts plateaux, l'élevage et quelque peu la culture dans le territoire de Ghardaia, enfin la culture dans le territoire des Oasis, où se trouve, entre autres, la magnifique palmeraie d'Ouargla.

S'appuyant sur les chiffres, M. Godefroy rappelle ce que sont actuellement la production, le commerce local et l'exportation de toutes ces contrées. Il nous fait ensuite bien saisir ce que deviendrait par exemple, grâce à des communications plus faciles, la production des dattes des oasis. Non seulement les oasis du Sud fournissent cette variété supérieure des dattes qui est le *deglet-nour*, la seule à peu près qu'on exporte en France ; on récolte aussi en ces oasis, et en abondance, les dattes communes que consomment les indigènes du Nord. Or, malgré la qualité et la valeur de ses produits, l'Algérie est encore obligée, à l'heure présente, en raison du mauvais régime des transports entre le Sahara et la partie plus septentrionale de notre colonie, d'importer tous les ans de Bassorah, à l'extrémité du Golfe Persique, de 2.000 à 5.000 tonnes de dattes pressées. Il y a là, on le reconnaîtra, une anomalie qui devrait disparaître.

L'extension de la culture des céréales, la culture des arbres fruitiers, les cultures potagères, la création de prairies artificielles, une plus grande intensité dans l'exploitation de l'alfa et dans la production animale et la production industrielle sont, d'autre part, autant d'autres questions que l'auteur passe en revue, et dont la solution, ainsi qu'il l'établit, dépend de la création d'un réseau ferré, puisque c'est à cette seule condition que les Territoires du Sud pourront écouler leurs produits et que, en même temps, il deviendra possible d'y apporter l'outillage qui permettra en ces régions les améliorations nécessaires d'hydraulique agricole. C'est pour desraisons de cet ordre que le chemin de fer a toujours été le principal instrument de développement et de colonisation des contrées neuves. Pour le Sud-Algérien, M. Godefroy a, en quelques belles pages, développé brillamment cette thèse, rappelant en particulier l'œuvre des Anglais au Canada, aujourd'hui l'un des pays les plus prospères du monde et « une de nos anciennes colonies que nous avons dédaignée autrefois sous prétexte qu'elle

ne contenait que quelques arpents de neige ». Aujourd'hui — sans vouloir faire une comparaison rigoureuse qui serait exagérée — nous dédaignons le Sahara, et aussi beaucoup trop les Hauts Plateaux. Sur ces Hauts Plateaux, cependant, des essais de *dry farming* en certains points pourraient donner des résultats.

Et M. Godefroy préconise en même temps la création de laboratoires où seraient analysés les terrains, examinés les engrais et étudiées les maladies. Nous ne saurions dire le plaisir que nous éprouvons à voir un ingénieur militaire développer avec cette largeur de vues ce plan d'études agricoles coloniales.

Mais tout cet avenir reste donc subordonné à l'installation des voies ferrées; et, toujours avec la même précision, M. Godefroy discute quelles sont les diverses lignes qui pourraient être le plus utilement créées et dans quelles conditions elles pourraient l'être. Pour démontrer leur plus ou moins grande nécessité immédiate, l'auteur, tout en établissant les devis de construction et en évaluant approximativement les recettes et les dépenses probables à prévoir dans la suite, détermine pour chacune d'elles les avantages économiques qu'il y a lieu d'espérer, d'après les richesses actuelles ou possibles des régions traversées.

Il conclut que les voies les plus urgentes sont les quatre suivantes, énumérées par ordre d'importance :

En premier lieu, une ligne de Djelfa à Laghouat, dans le Territoire de Ghardaïa, favoriserait tout de suite le commerce de l'alfa, puis, progressivement, au fur et à mesure que les pâturages s'amélioreraient et que l'élevage s'étendrait, influerait sur le commerce du bétail, des laines et des peaux.

Une ligne de Touggourt à Ouargla, dans le Territoire des Oasis, outre qu'elle ferait de ces pays pittoresques une région plus accessible au tourisme, servirait de débouché direct à nos postes des oasis et intensifierait le commerce des dattes, en traversant une contrée où M. Godefroy évalue à 1.750.000 le nombre des dattiers présentement en rapport.

La troisième ligne, de Bouktoub à Géryville, dans le Territoire d'Aïn-Sefra, au sud du département d'Oran, aurait les mêmes conséquences que celle de Djelfa à Laghouat.

Enfin une ligne de Djamaa à Guémar, dans le Territoire de Touggourt, serait une ligne de tourisme, faciliterait le commerce des dattes que récoltent les sédentaires, et des moutons, qu'élèvent les nomades, donnerait peut-être une impulsion nouvelle à la culture du tabac, déjà commencée dans le Souf, et ferait aussi connaître les produits de l'industrie de cette région, burnous, tapis et étoffes.

Le coût général de ces lignes serait de 27.150.000 fr. pour des voies de 1 mètre.

Et ce sont donc là les conclusions motivées d'un ouvrage sur lequel il convient d'attirer l'attention, à l'heure où nous paraissons enfin bien décidés à puiser désormais dans ces vastes réservoirs de produits que sont nos colonies la plus grande partie des ressources nécessaires à notre commerce et à notre industrie.

Telle qu'elle a été conçue, l'étude de M. Godefroy nous apparaît comme un des modèles du genre, car il ne s'agit point de quelque vague projet hâtivement élaboré, mais d'un programme parfaitement mûri, œuvre d'un savant doué d'un grand sens pratique, et qui a su envisager sous toutes ses faces avec une égale compétence le problème posé.

Œuvre aussi — est-il besoin de le dire — d'un patriote éclairé, qui, connaissant toute la valeur encore partiellement latente et généralement insoupçonnée de ces régions isolées et éloignées, a mis tout son cœur et déployé un réel talent d'écrivain pour nous faire partager sa conviction. Ces Territoires du Sud « peuvent, si on leur en fournit les moyens, jouer un rôle utile dans l'œuvre de régénération de demain, et, après la lutte sur les champs de bataille, donner avec l'Algérie du Nord leur appoint pour la guerre économique qui se prépare, et en vue de laquelle nos adversaires ont déjà pris position, avec leur activité et leur décision coutumières. Soyons plus prévoyants pour celle-ci que nous ne l'avons été pour celle-là. » Puisse ce vibrant appel de M. le lieutenant-colonel Godefroy être entendu !

Henri JUMELLE,
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille,
Directeur du Musée colonial.

4° Sciences médicales

Carles (Dr J.), *Professeur agrégé à la Faculté de Médecine de Bordeaux.* — **Les Fièvres paratyphoïdes.** — *1 vol. in-16 de 100 pages. (Prix cartonné : 1 fr. 50). J.-B. Baillière et fils, éditeurs, 19, rue Hautefeuille, Paris, 1916.*

Individualisées et décrites pour la première fois en 1896 par Achard et Bensaude, les fièvres paratyphoïdes, pendant longtemps, restèrent une rareté clinique; la campagne actuelle a fourni sur cette matière un vaste champ d'observation, puisque, dès novembre 1914, le professeur Landouzy insistait sur l'apparition et la fréquence de ces infections dans nos différentes armées. Dans toutes les formations sanitaires, dans les hôpitaux de l'avant comme dans les centres hospitaliers des régions, les fièvres paratyphoïdes furent une des affections le plus communément observées; c'est dire que nombreux sont les travaux consacrés à ces infections depuis le début de la guerre. Dans une monographie de la collection des *Actualités Médicales*, M. le Dr J. Carles vient de présenter ses observations personnelles et les études publiées sur ce sujet ces derniers temps.

L'auteur envisage d'abord les moyens de propagation de ces maladies paratyphoïdes et montre le rôle de l'eau, des viandes et surtout des porteurs de germes : après avoir admis que les troupes allemandes, porteurs de germes paratyphoïdes, avaient contaminé les régions de l'Yser, de l'Aisne, de la Marne, de Verdun, il se demande si nos soldats, à leur tour, ne vont pas répandre cette maladie, rare jusqu'ici, dans tout notre pays.

Le tableau clinique que donne J. Carles est particulièrement précis. — Il insiste sur le début brusque de la maladie, envisage les différentes courbes thermiques, les modifications du pouls et montre la multiplicité des formes cliniques. De nombreuses complications sont étudiées : rechutes, perforations intestinales, hémorragies intestinales, troubles broncho-pulmonaires, hépatiques, réactions péritonéales, par perforation ou par propagation. Ces faits prouvent, comme l'enseigne Ch. Achard, que les fièvres paratyphoïdes ne cessent de ressembler cliniquement à la fièvre typhoïde éberthienne. Toutefois, les paratyphoïdes seraient moins graves que la typhoïde, l'auteur n'ayant relaté qu'une mortalité de 4,7 %.

Le diagnostic de ces paratyphoïdes doit être fait surtout avec les infections à tétragènes, observées au cours de la campagne; — avec le typhus exanthématique, d'autant plus que les paratyphoïdes peuvent s'accompagner d'éruptions intenses; — et avec la fièvre typhoïde éberthienne. Cette question ne sera tranchée que par le concours du laboratoire. L'auteur montre que le sérodiagnostic d'agglutination a perdu beaucoup de sa valeur depuis la vaccination, mais que l'hémoculture reste particulièrement précieuse.

Reste le chapitre du traitement. La prophylaxie consiste surtout dans la vaccination antiparatyphoïdique, mise à l'ordre du jour par les travaux de Widal, de Chantemesse, de Vincent. Quant au traitement symptomatique, il peut se résumer ainsi : veiller minutieusement aux soins de la bouche et du nez; hydrater l'organisme par l'administration de boissons variées et du goutte-à-goutte rectal; lutter contre la température par l'application constante de glace sur le ventre et par l'emploi du drap mouillé avec affusions à 37°; telle est la méthode que conseille l'auteur, en opposition avec l'ancienne méthode allemande.

Dr Léon BINET.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 9 Octobre 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **P. Puiseux** : *La libration physique de la Lune, étudiée sur 40 clichés obtenus à l'Observatoire de Paris, entre les années 1894 et 1909.* L'auteur conclut de ses recherches que la théorie du mouvement de la Lune autour de son centre de gravité, établie en considérant notre satellite comme un solide indéformable, ne correspond pas aux faits. Des influences encore mal déterminées, et de période irrégulière ou assez courte, se font sentir dans ce mouvement avec une intensité tout à fait comparable à celle des termes prévus pour la libration physique. — M. **D. Eydoux** : *Sur la transmission des coups de bélier dans les conduites présentant des bifurcations. Application aux cheminées d'équilibre.* Si l'on considère une conduite forcée, débouchant dans une grande chambre de mise en charge d'où part un canal d'amenée (c'est le cas des usines hydro-électriques de type courant), on voit facilement, en se servant des équations de bifurcation de conduite établies par l'auteur, que, pour peu que la superficie de la chambre soit grande par rapport à la section de la conduite forcée, le coup de bélier qui se répercutera dans le canal d'amenée sera très faible. Si, avec cela, on organise la chambre de mise en charge de façon qu'elle puisse déverser sous le coup d'oscillations en masse, on voit que le canal d'amenée n'aura presque rien à redouter des coups de bélier. Il sera donc avantageux, surtout pour les usines de traction et d'éclairage qui ont à satisfaire à des pointes très supérieures à leur puissance moyenne, de mettre le canal d'amenée en charge, ce qui permettra de constituer un réservoir d'une très grande commodité pour les moments de très forte consommation.

2° Sciences physiques. — M. **F. Houssay** : *Sur l'audition des canonnades lointaines. Complexité de la question.* L'auteur conclut de ses observations qu'à grande distance on n'entend pas le canon coup par coup, mais des *sommes de coups* dont les vibrations concordent et s'ajoutent; d'autres discordent, s'annulent et font des silences interférentiels. Il se produit, à une grandiose échelle et avec une moindre régularité, ce qu'en acoustique on appelle des *battements*. De là résulte une audition de sons renforcés et séparés dont le rythme (un ou deux coups à la minute, rarement plus pressé) n'a aucun rapport avec celui des coups de canon. — M. **M. de Broglie** : *Sur un système de bandes d'absorption correspondant aux rayons L des spectres de rayons X des éléments, et sur l'importance des phénomènes d'absorption sélective en radiographie.* L'auteur montre que c'est au spectre continu, renforcé d'une façon sélective par le brome et surtout l'argent de l'émulsion, que l'action photographique des rayons X est due; si les émulsions sensibles à la lumière ordinaire ne renfermaient pas précisément des éléments ayant leurs bandes d'absorption ainsi placées, elles n'auraient que peu de sensibilité pour les rayons X pénétrants, et la radiographie aurait été beaucoup plus difficile. L'auteur a reconnu, d'autre part, que les phénomènes d'absorption accompagnant les raies L des éléments comprennent, en réalité, un système de bandes, à bords nets du côté des grandes longueurs d'onde. — M. **P. Nicolardot** : *Sur l'attaque des verres de France, de Bohême et d'Allemagne.* L'auteur a étudié comparativement l'attaque par divers réactifs et par l'eau au-dessus de 100° des nouveaux verres pour laboratoires fabriqués en France depuis la guerre et des verres de Bohême et d'Iéna. D'après les résultats, les verres de France sont comparables aux meilleurs verres étrangers. — MM. **A. Pictet, L. Ramseyer** et **O. Kaiser** : *Sur quelques hydrocarbures contenus dans la houille* (voir p. 583). — M. **J. Bougault** : *Semicarbazones d'acides α-cétoniques. Acides cinnamiques α-iodés.* L'auteur a constaté que, sous l'action de l'iode et de la soude, le groupement semicarbazide des semicarbazones d'acides α-cétoniques est détruit et remplacé par 2 atomes d'iode, tout au moins dans le premier temps de la réaction. Parfois, ce premier temps passe inaperçu et l'on recueille seulement les acides éthyléniques α-iodés dérivant, par perte de HI, du composé saturé α-diiodé d'abord formé. C'est ainsi que la semicarbazone de l'acide phénylpyruvique donne les deux acides cinnamiques α-iodés stéréoisomères. — M. **Em. Bourquelot** : *Remarques sur les pouvoirs rotatoires des alcool-d-glucosides et des alcool-d-galactosides α et β.* Les galactosides β et α sont plus dextrogyres que les glucosides β et α correspondants, de même que les galactoses β et α sont plus dextrogyres que les glucoses β et α. Toute addition de CH^2 détermine un déplacement de droite à gauche du pouvoir rotatoire, aussi bien chez les glucosides que chez les galactosides. Les relations qui existent entre les propriétés optiques des dérivés des sucres considérés dépendent donc surtout du pouvoir rotatoire de ces sucres.

3° Sciences naturelles. — M. **G. Barthelat** : *Sur la structure du pédicelle floral des* Mesambryanthemum. L'auteur a constaté que l'existence de faisceaux libéroligneux dans le parenchyme cortical des pédicelles floraux et fructifères, signalée seulement dans quelques familles végétales, doit être étendue à la plupart des *Mesambryanthemum*. Ce sont tous des faisceaux secondaires descendants qui proviennent des sépales. Le nombre, la disposition et l'importance des faisceaux principaux situés dans le cylindre central des pédicelles sont toujours en rapport étroit avec l'organisation de la fleur. — M. **M. Mirande** : *Observation sur le vivant de la formation cytologique de l'anthocyanine.* Dans l'*Azolla filiculoides*, l'anthocyanine est sécrétée par des mitochondries granuleuses qui, de bonne heure, émigrant dans la vacuole centrale cellulaire, où elles forment des granulations animées de mouvements browniens, s'imprègnent d'abord d'un composé phénolique, lequel se transforme peu à peu en pigment anthocyanique. Dans le cas extrême du rougissement de la cellule, les corpuscules anthocyaniques se dissolvent dans la vacuole. — M. **M. Molliard** : *Sur le dégagement d'oxygène provenant de la réduction des nitrates par les plantes vertes.* En comparant les échanges gazeux de deux plantes vertes de la même espèce, recevant comme aliment azoté soit un nitrate, soit un sel ammoniacal, l'auteur a réussi à mettre en évidence le dégagement d'oxygène provenant de la réduction du nitrate. A un atome d'azote nitrique fixé correspond sensiblement un dégagement de deux atomes d'oxygène. — M. **J. Legendre** : *Destruction des moustiques par les poissons.* L'auteur a introduit dans certaines rizières de Madagascar le Cyprin doré, qui est très avide des larves de moustiques. Ce poisson s'est développé avec une rapidité surprenante. Comme les Malgaches en sont très friands, il y aurait intérêt à généraliser cette *rizipisciculture*, qui présente à la fois des avantages économiques et hygiéniques. — M. **Aug. Lumière** : *Sur la présence du bacille du tétanos à la surface des projectiles inclus dans des plaies cicatrisées.* L'auteur a reconnu que les projectiles inclus dans les plaies cicatrisées peuvent avoir entraîné avec eux des spores de bacilles tétaniques qui constituent un danger pour les blessés. Il y a donc lieu de chercher à les extraire lorsqu'ils sont

accessibles. Les injections de sérum antitétanique s'imposent au moment de toute extraction secondaire de ces projectiles, même lorsque les plaies sont cicatrisées.

Séance du 16 Octobre 1916

1° Sciences physiques. — M. **P. Gaubert** : *Sur les liquides cristallins obtenus par évaporation d'une solution.* L'auteur montre que les solutions d'anisal-*p*-amidoazotoluène, anisal-aminocinnamate d'éthyle, *p*-azoxyanisol, des éthers-sels de la cholestérine, de cyanobenzalcinnamate d'amyle actif, par évaporation à la température ordinaire, donnent des liquides qui jouissent des propriétés des liquides cristallins. On peut facilement en mesurer les indices en faisant l'évaporation sur la face plane de la lentille demi-boule d'un réflecteur. — M. **F. Grandjean** : *L'orientation des liquides anisotropes sur les cristaux.* L'auteur a constaté que le phénomène de l'orientation d'un liquide anisotrope sur sa phase solide n'est qu'un cas particulier d'un phénomène plus général d'orientation sur un cristal quelconque. Ainsi des gouttes des liquides suivants : azoxyphénétol, azoxyanisol, anisaldazine, azoxybenzoate et cinnamate d'éthyle, déposées sur des clivages d'orpiment, de blende, de sel gemme, de sylvine, etc..., ont donné des plages d'orientation absolument déterminée. L'orientation n'est bonne que si le clivage est parfait et la surface absolument propre et plane. — MM. **C. Zenghelis** et **S. Horsch** : *Action chimique du peroxyde de sodium sur les oxydes de carbone.* Cette action a lieu suivant les équations : $Na^2O^2 + CO = Na^2CO^3$; $Na^2O^2 + CO^2 = Na^2CO^3 + O$. Dans le second cas, il se dégage de l'oxygène libre *activé*, qui brûle vivement des substances facilement oxydables mêlées avec le peroxyde, telles que Fe, Al, Mg, C et divers corps organiques. Aussi, il suffit de diriger un courant de CO^2 sur ces mélanges pour que la réaction se fasse aussitôt avec une extrême violence, suivie quelquefois d'une explosion. — M. **L. Guitteau** : *Action du soufre sur la baryte en présence de l'eau.* En portant à l'ébullition un mélange de 2 p. de baryte hydratée, 1 p. de S et 25 p. d'eau, on obtient une liqueur brun foncé à chaud, devenant rouge orangé par le refroidissement. En évaporant rapidement à chaud jusqu'à formation d'une croûte, on trouve sous cette croûte, après refroidissement et repos, de volumineux prismes rouges de $BaS^4.H^2O$, mélangés de soufre et d'hyposulfite. La solution paraît contenir le pentasulfure BaS^5, instable, qui se décomposerait d'après l'équation : $2\,BaS^5 + 3\,H^2O = BaS^4 + BaS^2O^3 + 3\,H^2S + S$. — MM. **Ch. Dhéré** et **G. Vegezzi** : *Sur la composition pigmentaire de l'hépatochlorophylle.* Chez l'escargot l'hépatochlorophylle (en désignant globalement par ce terme tous les pigments chlorophylliens qui se trouvent dans le foie) a la même composition pigmentaire que la « chlorophylle brute » des feuilles vertes ; elle est constituée par un mélange de chlorophyllines α et β modifiées (chlorophyllanes α et β) et de carotinoïdes (carotine et xanthophylle). En ce qui concerne l'origine de l'hépatochlorophylle, il s'agit là évidemment d'une chlorophylle introduite par la nourriture végétale.

2° Sciences naturelles. — M. **P. Vuillemin** : *Anomalies déterminées par la gamogemmie consécutive au traumatisme.* L'auteur a observé, sur des pieds de Linaires ayant subi un traumatisme, des anomalies florales, consistant surtout dans un nombre de pétales variant entre 5 et 10. Il n'existe aucune preuve de partition pouvant fournir des nombres de pétales supérieurs à 5. Par contre, il est certain que des nombres oscillant entre 10 et 5 proviennent d'une diminution, par atrophie, réunion ou élimination de rudiments préexistants. Donc le point de départ de ces anomalies n'est pas la fleur normale pentamère des Linaires, mais une fleur décamère qui ne peut exister qu'en vertu de la combinaison de deux bourgeons apportant chacun les matériaux d'une fleur typique. On est ainsi conduit à considérer la gamogemmie comme la cause prochaine de ces anomalies. — M. **J. Amar** : *Education sensitive et appareils de prothèse. Les résultats.* La valeur fonctionnelle d'un moignon dépend de sa puissance musculaire et de sa sensibilité. La valeur pratique d'un appareil de prothèse est tout entière dans l'utilisation de cette force des muscles dirigée, rectifiée par l'acuité sensitive. Il résulte de là que l'éducation des moignons et leur réadaptation au mouvement constituent la base rationnelle de la prothèse et du travail des mutilés.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 17 Octobre 1916

M. **L. Camus** : *De l'influence du temps, de la quantité et de l'activité du vaccin sur la production de l'immunité.* Quand on réalise l'immunisation par injection intravasculaire du vaccin, l'immunité apparaît toujours dans un délai invariable, ou du moins avec des différences individuelles très faibles, lorsqu'on procède de façon identique. Le moment de l'apparition de l'immunité est, au contraire, très nettement variable quand la dose du vaccin injectée n'est pas constante; il est plus rapproché si la dose est augmentée, il est reculé si la dose est diminuée. L'immunisation par voie cutanée donne lieu à des observations du même ordre. — M. **P. Ménard** : *La pression artérielle et le pouls chez le soldat dans les tranchées.* En première ligne, à 100 ou 150 mètres de l'ennemi, il y a, la plupart du temps, une *baisse* des pressions artérielles maxima et minima chez le soldat, la pression différentielle diminuant légèrement. Dans un cas d'émotion violente (éclatement d'un obus à quelques pas), l'auteur a noté une hausse des deux pressions. La fatigue et le surmenage abaissent toujours la tension différentielle et élèvent presque toujours la tension minima. Dans la majorité des cas, le pouls est légèrement plus rapide en première qu'en deuxième ou troisième ligne.

SOCIÉTÉ ANGLAISE DE CHIMIE INDUSTRIELLE

Section de Londres

Séance du 6 Juin 1916

M. **W. B. Bottomley** : *La tourbe bactérisée et ses rapports avec la nutrition des plantes.* L'auteur appelle tourbe bactérisée de la tourbe naturelle transformée par l'action de certains organismes aérobies et stérilisée à 26°. L'extrait soluble dans l'eau de cette tourbe bactérisée contient un constituant à pouvoir fertilisant remarquable, qui est probablement parent des vitamines animales, car il est, comme elles, précipité par l'acide phosphotungstique et actif en quantité très minime. L'effet stimulant de ces *auximones* a été étudié sur la lentille d'eau (*Lemna minor*) en culture aqueuse. Le nombre des plantes, après 15 semaines, et la surface moyenne des feuilles sont bien plus grands pour celles qui ont poussé en présence d'extrait de tourbe bactérisée, et la différence de poids sec est encore plus grande. Encouragé par ces résultats, l'auteur a employé la tourbe bactérisée comme engrais dans des champs ensemencés avec des pommes de terre et il a obtenu une récolte presque double de celle des champs analogues non traités. Les différences de structure interne entre les plantes de contrôle et celles qui ont poussé sous l'action des auximones sont frappantes. Dans les premières, les espaces aériens sont grands et les cellules individuelles petites, les noyaux mal développés et sans nucléoles; chez les secondes, le tissu est compact, les cellules grandes, le protoplasma dense et les gros noyaux renferment un nucléole bien délimité. Les auximones paraissent stimuler la nutrition du noyau cellulaire.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 22 30 NOVEMBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

José Echegaray. — L'Espagne vient de perdre un de ses enfants les plus illustres.

D. José Echegaray é Izaguirre est mort à Madrid le 14 septembre 1916. Il était inspecteur général au Corps des Ponts et Chaussées — professeur à l'Ecole du même Corps — professeur de Physique mathématique à l'Université de Madrid — professeur de Mathématiques à l'Ecole d'Etudes supérieures de l'Athénée de Madrid — président de l'Académie des Sciences — membre de l'Académie espagnole — président honoraire de la Société de Physique et de Chimie — président de la Société Mathématique — président du Conseil de l'Instruction publique — président de la Commission du Cadastre — lauréat du *Prix Nobel* — ancien ministre plusieurs fois — sénateur inamovible — chevalier de l'Ordre de la Toison d'Or, etc., etc.

Né à Madrid le 19 avril 1832, il y revint après avoir passé son baccalauréat à Murcie, pour suivre les cours de l'Ecole des Ponts et Chaussées. Il y conquit et conserva aisément la première place parmi ses condisciples et fut nommé ingénieur le 24 septembre 1853.

Il fut affecté pendant quelque temps au service ordinaire en province; mais le 16 octobre 1854 il rentra comme professeur à l'Ecole, pour ne plus la quitter jusqu'au 15 octobre 1868. Pendant ces quatorze années, il a professé plusieurs matières, notamment la Mécanique rationnelle et l'Analyse; il a publié plusieurs volumes sur des questions mathématiques, et quelques articles de vulgarisation scientifique très remarqués, qui ont paru dans les journaux; il a écrit aussi deux pièces de théâtre, qui n'ont pas été représentées; mais — en dehors de ces travaux purement scientifiques et littéraires — il s'est adonné aux études économiques, avec une ardeur qui l'a conduit à se mêler aux polémiques des partis.

La lecture, à cette époque, des *Harmonies économiques* exerça sur lui une influence décisive et il a conservé toute sa vie une grande admiration pour Bastiat, qui — comme il le disait lui-même — lui a ouvert un horizon qu'il ne soupçonnait même pas. Libre-échangiste passionné, il défendit ses idées dans la presse et dans les réunions publiques et contribua à fonder une Association pour la réforme des droits de douane[1]. Ce groupe, peu nombreux mais très brillant — par sa propagande en faveur du libre-échange et, d'une façon générale, en faveur des doctrines individualistes — a puissamment contribué à la Révolution du 29 septembre 1868, qui a provoqué la chute de la dynastie de Bourbon.

C'est alors qu'Echegaray a dû abandonner l'Ecole des Ponts et Chaussées, pour devenir Directeur général des Travaux publics. Elu député, il se révéla comme un orateur parlementaire de premier ordre et fut trois fois ministre : une fois avec le portefeuille des Finances et deux autres avec celui du *Fomento*[2]. C'est en cette dernière qualité qu'il créa l'Institut géographique, origine de l'Institut géographique et statistique, dont les travaux sont bien connus des lecteurs de la *Revue*.

Le rôle politique très actif et très considérable d'Echegaray a duré autant que la période révolutionnaire. On peut dire que sa carrière politique s'est terminée avec la proclamation du roi Alphonse XII en décembre 1874. Il a figuré pendant quelques années dans un des partis qui n'ont pas reconnu le nouvel ordre légal; mais il s'est séparé de ce parti en 1883 pour renoncer définitivement (c'est du moins ce qu'il pensait alors) à la politique active. Cela ne l'a pourtant pas empêché d'être nommé, quelques années plus tard, sénateur inamovible et, par surcroît, en 1905, une fois encore ministre des Finances. On sentait, cependant, que la politique ne l'intéressait que médiocrement dans cette dernière partie de sa vie.

Cette vie, elle a été toute remplie par deux passions : le Théâtre et les Mathématiques.

En février 1874, il donna au théâtre, sous un pseudonyme, une pièce en un acte, qui eut beaucoup de succès,

1. *Asociación para la Reforma de los Aranceles.*
2. Le ministère du *Fomento* comprenait alors les Travaux publics, l'Instruction, l'Agriculture et plusieurs autres services.

et, encouragé par ce résultat, il fit représenter, en décembre de la même année, un drame en trois actes[1], qui mit en évidence toute la force de son génie dramatique.

A partir de cette époque, il a produit sans interruption tout près de quatre-vingts pièces, dont la plupart ont eu un grand succès et, pendant un quart de siècle, il a tenu triomphalement la première place dans la production dramatique espagnole. La valeur de son théâtre, dont quelques œuvres ont été traduites en plusieurs langues, a été sanctionnée par le prix Nobel pour la Poésie qu'il a partagé avec Mistral en l'année 1904.

Au point de vue scientifique, il a été avant tout un professeur et un vulgarisateur admirable, et c'est là, peut-être, son plus grand mérite.

L'Espagne, qui, à partir du XVIe siècle, n'a pas suffisamment suivi l'évolution des autres peuples vers les études qu'on désigne généralement sous le nom de sciences positives, a toujours été peu féconde en savants et surtout en mathématiciens. La première moitié du XIXe siècle — remplie par notre Guerre de l'Indépendance contre les armées de Napoléon, par sept années de guerre civile, par des désordres, *pronunciamientos* et perturbations de toute sorte — n'a guère été propice à la renaissance du labeur scientifique, qui avait été presque complètement abandonné.

Echegaray, sentant vivement le danger d'une telle situation, la signala franchement, durement même, le 11 mars 1865, dans son discours d'entrée à l'Académie des Sciences, qui fit naître alors de nombreuses discussions.

Mais il ne se bornait pas à voir et à signaler le mal. Il a, pendant toute sa vie, travaillé efficacement à le corriger.

Dès qu'il entra, comme professeur, à l'Ecole des Ponts et Chaussées, il s'occupa d'en réformer les programmes; il y fit une véritable révolution, qui se propagea aux autres écoles techniques et aux milieux universitaires et fut la source d'un progrès considérable dans l'enseignement des Mathématiques en Espagne.

Il commença en même temps la longue série de ses publications scientifiques, comprenant, en différents journaux, revues et brochures, un nombre incalculable d'articles de vulgarisation, sans compter plusieurs volumes sur différentes branches des Mathématiques. Il dût même renoncer — faute d'éditeur — à faire paraître nombre d'ouvrages qui étaient tout préparés.

Ces livres, excellents pour la rigueur et la précision des raisonnements, se font surtout remarquer par une exposition méthodique et brillante, qui ne laisse rien dans l'ombre et rend facile l'étude des questions les plus abstruses. Ils assureront à leur auteur une place d'honneur parmi les hommes de science; mais ils ne suffisent pas à faire comprendre ce que fut en réalité ce maître incomparable. Ceux qui ont entendu Echegaray peuvent seuls l'apprécier à sa juste valeur.

La facette la plus brillante de son intelligence étendue et pénétrante était constituée par le don de tout expliquer clairement. Sa parole juste et facile, son esprit très fin et son imagination toujours en éveil, lui permettaient de rendre sensibles ses idées. Il savait éveiller l'intérêt dans les Chambres dès qu'il y prenait la parole, fût-ce sur les travaux publics ou sur les finances; on était sous le charme quand, faisant appel à ses souvenirs, il exposait un drame ou racontait un événement politique, tellement dans son récit on voyait vivre et agir les personnages; ses conférences de vulgarisation étaient un régal pour le grand public comme pour les initiés[2]; mais ce don d'exposition trouvait sa plus éclatante manifestation dans ses leçons mathématiques.

Il alliait la concision dans le fond — s'il est permis de s'exprimer ainsi — avec l'amplification dans la forme : il négligeait, autant que possible, les détails et s'étendait, par contre, longuement sur les idées fondamentales; il les étudiait à tous les points de vue, faisant ressortir l'importance de chacune d'elles et ses rapports avec les autres; il revenait à plusieurs reprises sur les points les plus essentiels, pour bien les fixer dans la mémoire de ceux qui l'écoutaient; il se servait d'exemples et d'images toujours suggestifs et intercalait souvent une digression, pour bien mettre en lumière quelque point de détail dont le rôle devenait important à un moment donné. Et ces longs développements étaient conduits avec un art si parfait que ses élèves le suivaient toujours sans effort à travers les théories mathématiques les plus subtiles et compliquées.

On a discuté avec passion ses actes politiques et ses drames; tout le monde a toujours été d'accord sur la valeur de son enseignement, et cette unanimité fut, pour ainsi dire, officiellement proclamée, lorsqu'il a été nommé professeur de Physique à l'Université de Madrid. Cette nomination d'un savant étranger à l'Université a été signée par le ministre de l'Instruction publique — par application d'une loi d'exception — grâce à une heureuse initiative de la Faculté des Sciences de l'Université, qui proposa son nom, d'accord avec l'Académie des Sciences et le Conseil de l'Instruction publique.

Cela se passait en 1905, et ce vieillard de 73 ans accepta avec enthousiasme cette charge, qui devait lui permettre de travailler encore pour la diffusion en Espagne de ses chères Mathématiques.

Ses leçons ont été publiées par l'Académie des Sciences et collectionnées en onze volumes. Sa dernière maladie l'a surpris quand il s'occupait de corriger des épreuves, en vue de la publication de leçons encore inédites.

Il est mort à son poste de travail, après soixante années de labeur; aussi lorsque, dans une solennité académique, en 1910, il a eu l'occasion de se réjouir des progrès réalisés dans notre pays par la culture scientifique depuis l'époque, déjà lointaine, où il avait prononcé son premier discours académique, tous ceux qui l'écoutaient ont eu la pensée que c'était bien lui le principal artisan de ce progrès. Et ce sera là, je crois, son meilleur titre : il a été l'Espagnol qui a le plus efficacement contribué, dans les temps modernes, au relèvement scientifique de sa Patrie.

L. Torres y Quevedo,
Membre de l'Académie des Sciences de Madrid.

§ 2. — Physique

L'amortissement des oscillations du mercure. — Dans les instruments où l'on utilise des bains de mercure, les ondulations et autres perturbations produites dans ce liquide par l'instabilité du récipient sont une cause fréquente de troubles. M. M. Stillman[1] vient de montrer que, si une masse de mercure est soumise à un champ magnétique puissant, dont la direction est à peu près à angle droit par rapport à celle du mouvement du mercure, ce dernier est fortement amorti. Le mouvement du mercure perpendiculairement aux lignes de force magnétique tend, en effet, à produire un courant électrique, dont la réaction avec ces lignes de force s'oppose au mouvement du mercure.

L'auteur a trouvé que la substitution d'un récipient métallique non magnétique au récipient en verre accroît considérablement l'intensité de l'amortissement, par suite de la diminution de résistance aux courants électriques induits.

Cette méthode est très efficace pour amortir aussi bien les grandes oscillations et ondulations d'une masse de mercure, parce que l'ampleur de l'amortissement est directement porportionnelle à la vitesse, que les petites

1. *La esposa del vengador* (L'épouse du vengeur).
2. On s'en fera une juste idée en relisant l'article que le grand savant espagnol publiait ici-même l'année dernière *Série de négations*, dans le numéro du 28 février 1915).
(N. DE LA RÉD.)

1. *Scientific Papers of the U. S. Bur. of Standards*, n° 289.

oscillations. Elle pourrait être employée pour régulariser les bains de mercure en mer et en d'autres endroits où l'instabilité du récipient est inévitable.

Loi de réponse des détecteurs au silicium. — MMes Louise S. Mc Dowell et Frances G. Wick [1] ont étudié comment varie l'intensité du courant redressé dans un détecteur au silicium, en fonction de l'amplitude de l'onde incidente.

Le dispositif utilisé est le suivant :

L'oscillateur est constitué par un petit éclateur prolongé de deux fils d'aluminium de 51 cm. de longueur et relié, à travers des résistances à eau, au secondaire d'une petite bobine d'induction fonctionnant sous 6 volts. L'étincelle produite est parfaitement régulière.

Le récepteur comprend un détecteur au silicium mis en série avec un condensateur de 1 microfarad et une boucle de fil de forme et de dimensions variables, dont la plus grande dimension est disposée horizontalement. Une tige d'aluminium de 44,5 cm. de longueur, agissant comme résonnateur, est maintenue parallèlement au fil extérieur de la boucle — c'est-à-dire horizontalement — et très près de celui-ci, la plus grande sensibilité étant obtenue lorsque les deux fils sont pratiquement au contact.

Un grand écran métallique, percé en son centre d'une ouverture, sépare le récepteur de l'oscillateur. Devant l'ouverture on peut disposer un réseau en fils de fer distants de 3 cm. et fixés sur un cadre en bois de 2 m² pouvant tourner dans son plan de manière à donner aux fils de fer du réseau une inclinaison quelconque sur la verticale.

Le réseau permet de faire varier l'amplitude des ondes qui parviennent sur le récepteur.

L'expérience a montré en effet que, seule, la composante de l'onde dirigée normalement aux fils du réseau est transmise : l'amplitude de l'onde transmise varie donc comme le cosinus de l'angle des fils avec la verticale. D'autre part, le récepteur ne pouvant répondre qu'aux ondes horizontales, la composante transmise subit, en pénétrant dans le récepteur, une nouvelle réduction qui multiplie à nouveau l'amplitude par le cosinus du même angle. En sorte que l'amplitude efficace, pour le récepteur, est proportionnelle au carré du cosinus de l'angle de la verticale avec les fils du réseau.

On peut admettre que l'amplitude des oscillations engendrées dans le récepteur est proportionnelle à l'amplitude de la vibration reçue et, par suite, au cosinus carré du même angle.

Les mesures faites ont permis de constater que les courants transmis au galvanomètre par le détecteur varient comme la 4e puissance du cosinus de l'angle de la verticale avec les fils du réseau. D'où l'on peut conclure que le courant redressé par le détecteur au silicium est proportionnel au carré du courant oscillatoire qui agit sur le récepteur. En 1908, dans une étude du détecteur au silicium, Austin concluait que, pour les courants alternatifs de fréquence usuelle et pour les courants oscillatoires de fréquence 140.000, les courants redressés sont sensiblement proportionnels au carré du courant alternatif. Les recherches de MMes Dowell et Wick permettent d'étendre cette loi à des fréquences de $3,10^8$.

§ 3. — Electricité industrielle

Indicateur de synchronisme. — Les appareils destinés à la mise en synchronisme de deux ou plusieurs machines à courant alternatif doivent satisfaire à trois conditions :

1° Indiquer si la machine qu'on met en marche tourne à une allure supérieure ou inférieure à celle des machines déjà en fonctionnement ;

2° Faire connaître la grandeur de la différence de fréquences ;

3° Préciser le moment où le synchronisme est réalisé.

Les lampes et les voltmètres de synchronisation, qui ont beaucoup été employés jusqu'à ces derniers temps, ne remplissent que la seconde de ces trois conditions. Ils ne satisfont qu'imparfaitement à la troisième, et aucunement à la première. Seul, l'indicateur de synchronisme, appelé aussi synchroniseur ou synchronoscope, remplit les trois conditions.

L'appareil est constitué par un moteur asynchrone de petites dimensions, dont l'arbre porte l'aiguille indicatrice. L'inducteur, représenté en *ab* sur les schémas ci-joints, est directement alimenté par un alternateur en service, dans le cas d'une basse tension (fig. 1).

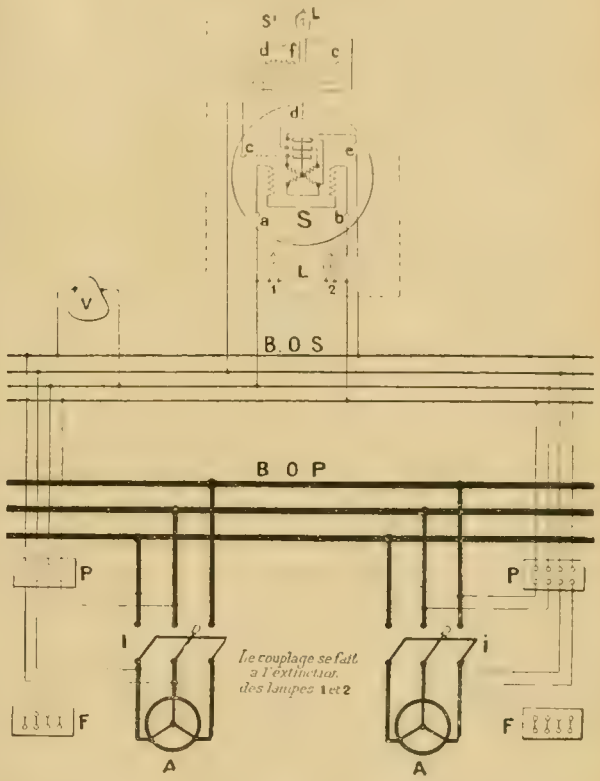


Fig. 1. — *Indicateur de synchronisme. Schéma des connexions. Montage direct (basse tension).* — A, alternateur; BOP., barres omnibus principales ; BOS., barres omnibus de synchronisation ; F, fiche de synchronisation amovible ; I, interrupteur ; L, lampes ; P, plot de synchronisation ; S, synchronoscope ; S', self ; V, voltmètre.

ou par l'intermédiaire d'un transformateur de potentiel, dans le cas d'une tension élevée (fig. 2). Sur l'induit, du type tambour, sont enroulées, à angle droit, deux bobines comprenant un point commun relié à la borne *e* par l'intermédiaire d'un charbon frottant sur une bague collectrice. Les deux extrémités libres sont reliées également, par l'intermédiaire de balais et de bagues, l'une à la borne *c* et l'autre à la borne *d*. Par les bornes *c* et *d*, les deux enroulements sont mis en série, l'un avec une bobine de self-induction *fd*, l'autre avec une résistance non inductive *fc*, constituée le plus souvent par une lampe.

Les bornes *e* du synchroniseur et *f* de la bobine de self sont reliées à la tension de la machine à coupler.

L'intensité traversant l'inducteur varie suivant la fréquence :

Pour 110 volts,	à 25 p : s,	elle est de	0,6	ampères
—	42 —	—	1,1	—
—	50 —	—	1,2	—

1. *The Pysical Review*, t. VIII, p. 133 ; août 1916.

A la même tension, quelle que soit la fréquence, le courant total dans l'induit est de 0,75 ampère.

Les intensités relativement élevées qui sont admises dans les enroulements réalisent un couple moteur assez puissant pour assurer à l'indicateur de synchronisme un fonctionnement certain.

L'inducteur crée un champ alternatif de même fréquence que celle des machines reliées aux barres omnibus. L'induit, avec ses deux bobines à angle droit, crée un champ constant, tournant à un nombre de tours par seconde égal à la fréquence de la machine à coupler.

Quand les deux fréquences, celle du réseau et celle de

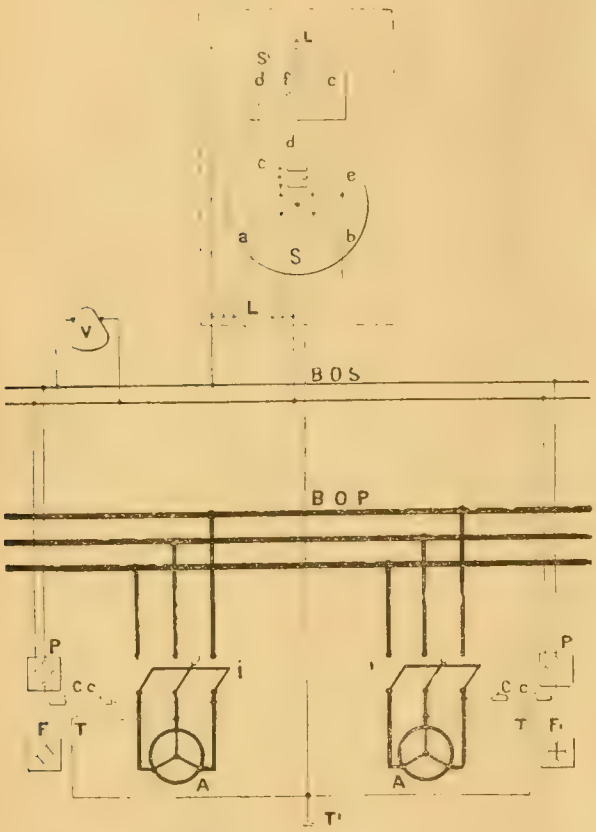


Fig. 2. — *Indicateur de synchronisme. Schéma des connexions. Montage avec transformateurs de potentiel (haute tension).* — Cc., coupe-circuit; F, fiche amovible à synchroniser; F', fiche amovible en marche; T, transformateur de potentiel; T', mise à la terre. Les autres lettres ont la même signification que dans la figure 1.

la machine que l'on veut amener au synchronisme, diffèrent d'une faible quantité, l'induit se met à tourner, et sa vitesse de rotation est telle que le nombre de tours par seconde est égal à la différence des deux fréquences. Ainsi, la fréquence aux barres omnibus étant de 50, par exemple, et celle de la machine à coupler de 48 seulement, l'induit du moteur fera deux tours par seconde, ainsi que l'aiguille, montée sur le même axe.

Quand les deux fréquences sont égales, l'induit se cale dans la position d'équilibre stable: c'est celle qui correspond à la position verticale de l'aiguille, la pointe en haut, quand les deux tensions sont en phase. Dans le cas contraire, l'angle que fait l'aiguille avec la verticale représente l'angle de la différence de phase entre les deux sources de force électromotrice auxquelles le synchroniseur est relié.

Si la machine à mettre en phase tourne trop vite, l'aiguille se meut dans un sens; si la machine tourne trop lentement, l'aiguille se déplace dans le sens opposé. Sur le cadran sont inscrits les mots « accélérer » et ralentir ». Ils indiquent l'action à exercer sur le moteur entraînant la machine à coupler.

Une révolution complète de l'aiguille correspond à un gain ou à une perte d'une période dans la fréquence de la machine à synchroniser par rapport à la fréquence du réseau général.

Lorsque l'aiguille demeure immobile dans la position verticale, il y a coïncidence dans les phases, et la machine à coupler peut être reliée aux barres du réseau.

E. C.

§ 4. — Chimie physique

Ionisation et dissociation de la molécule d'hydrogène. Formation de H^3. — Par sa méthode d'analyse basée sur l'emploi des rayons positifs [1], J.-J. Thomson a montré l'existence, dans un tube à décharge contenant de l'hydrogène : d'atomes chargés, de molécules chargées, et, parfois, d'un constituant ayant une masse égale à trois fois la masse de l'atome d'hydrogène.

Les propriétés de ce gaz H^3 ont été étudiées par J.-J. Thomson [2]. On peut le conserver sur le mercure pendant plusieurs semaines, bien que sa quantité ait diminué au bout de ce temps. Il peut être chauffé dans un tube de quartz, pendant plusieurs heures, sans subir aucune altération, quoique le quartz soit au rouge. L'action de l'étincelle électrique, en présence d'oxygène ou de phosphore, ne le détruit pas. En passant sur du sodium métallique froid, il n'est pas modifié; et, chauffé avec de la vapeur de sodium, il ne s'y combine pas. Il résiste à l'action de l'oxyde de cuivre chaud. Il se combine à la vapeur de mercure lorsqu'une décharge électrique traverse le mélange et, partiellement, au cuivre porté au rouge. Ces diverses propriétés permettaient de regarder le corps H^3 comme un gaz très stable.

Cette stabilité vient d'être contestée par M. A. J. Dempster [3]. Les expériences de J.-J. Thomson ont été faites dans un tube à vide où régnait une pression de 0,003 mm de mercure, sous une tension de 20.000 volts environ. M. Dempster produit les rayons positifs par une méthode différente : il utilise l'ionisation déterminée par les électrons expulsés d'une cathode de Wehnelt et accélérés dans un champ convenable. Les ions traversent un tube étroit T, à la suite de quoi ils sont soumis à l'action d'un champ magnétique et d'un champ électrique rectangulaires, puis tombent sur un écran percé d'une fente S de forme parabolique. Chaque constituant des rayons est caractérisé par une parabole qui lui est propre, et, en augmentant le champ magnétique, les diverses paraboles peuvent être amenées successivement à se former sur la fente. A ce moment, les particules chargées traversent la fente S et peuvent être captées par un cylindre de Faraday disposé derrière la fente. Le mode de génération des ions par la cathode de Wehnelt permet d'opérer avec un champ électrique aussi faible qu'on le désire, et cela quelque faible que soit la pression gazeuse. Ce sont précisément les modifications produites dans les constituants des rayons par une diminution de pression qui ont conduit M. Dempster aux résultats intéressants que nous allons résumer.

Il représente les mesures faites par des courbes obtenues en portant, en abscisses les champs magnétiques déviants, et en ordonnées les charges captées par le cylindre de Faraday.

Avec des ions de 800 volts et de l'hydrogène à la pression de 0,01 mm de mercure, la courbe présente trois maxima en escalier dans l'ordre H, H^2 et H^3, c'est-à-dire qu'on constate la présence d'atomes d'hydrogène, de molécules d'hydrogène et d'un composé de poids atomique 3.

1. *Revue génér. des Sc.*, t. XXII, p. 714; 1911.
2. *Proceed. of the Royal Society*, A. t. VIII, p. 1.
3. *Phil. Mag.*, t. XXXI, p. 438; mai 1916.

En abaissant la pression à 0,0017 mm., il y a diminution notable des maxima correspondant à H et H^3. Ils disparaissent complètement pour une pression de 0,0005 mm., telle que celle qui règne dans l'ampoule à charbon plongée dans l'air liquide; ce changement est bien dû à la diminution de pression et non pas à l'élimination de certains constituants du gaz par le charbon, car les maxima relatifs à H et H^3 reparaissent quand on laisse entrer de l'hydrogène en présence du charbon et de l'air liquide.

M. Dempster explique ces phénomènes de la façon suivante :

Dans un vide élevé, le libre parcours des molécules étant très grand, les molécules positives formées par les corpuscules émis par la cathode de Wehnelt n'ont qu'un petit nombre de collisions avec les molécules d'hydrogène. Par suite, ces molécules positives sont analysées dans l'état où elles se trouvent immédiatement après l'ionisation. On peut donc conclure que les électrons produisent l'ionisation uniquement en détachant une charge de la molécule et qu'ils sont incapables de dissocier la molécule en atomes. Sous une pression plus élevée, quelques molécules positives entrent en collision avec les molécules du gaz en avant de la cathode et cette collision entraîne une dissociation du gaz en atomes. Un atome positif ainsi formé peut s'unir lui-même à une molécule neutre et donner naissance à H^3.

Ces expériences confirment, pour les électrons d'une vitesse de 800 volts, la conclusion déduite par Millikan[1] de ses expériences sur des gouttes d'huile, à savoir que l'ionisation produite par les rayons β ou par les rayons X d'une dureté quelconque, consiste dans la séparation d'une charge élémentaire de la molécule neutre. Elles vérifient également la théorie formulée par J. J. Thomson[2] d'après laquelle les électrons et les rayons positifs peuvent déterminer différents types d'ionisation. Elles montrent enfin que le composé H^3 ne peut pas être considéré comme un gaz stable, mais plutôt comme un complexe temporaire qui se forme seulement lorsqu'il y a dissociation des molécules d'hydrogène.

Dans son premier mémoire, J.-J. Thomson indiquait que le composé H^3 « se forme sous certaines conditions de pression et de courant »; mais plus tard il a été amené à le considérer comme un gaz stable, susceptible, entre autres propriétés, de se combiner avec l'oxygène et le mercure sous l'action de la décharge électrique. Il est possible, pense M. Dempster, que la disparition de H^3 dans ce dernier cas soit l'effet d'un vide élevé, car il a constaté une forte diminution de la pression quand la décharge traverse un mélange de vapeur de mercure et d'hydrogène.

En résumé, on peut conclure, pense M. Dempster, que le complexe H^3 ne doit pas être considéré comme un gaz stable, puisqu'il n'existe pas quand il n'y a pas dissociation des molécules d'hydrogène.

A. B.

§ 5. — Géologie

La production, la consommation et le commerce du platine. — Grâce à ses propriétés très spéciales, le platine a de nombreux usages dans les laboratoires et dans beaucoup d'industries chimiques, et son intérêt s'est augmenté encore du fait qu'il est utilisé par plusieurs industries de la guerre. Aussi la France a-t-elle interdit la sortie de ce métal, tout comme la Grande-Bretagne, où d'ailleurs une décision du Ministre des munitions a déclaré expressément le platine matériel de guerre, de même que tout alliage à base de platine.

La production totale de platine dans le monde ne dépassait généralement pas, en ces dernières années, 8.150 kilogs environ. La principale source d'approvisionnements en platine est de beaucoup la Russie. Le métal brut est généralement expédié sur la France et l'Allemagne pour être ralliné, bien que des essais aient été faits à plusieurs reprises par le Gouvernement russe pour ralliner le métal à Pétrograd même. La plus grosse portion de cette extraction se fait dans les montagnes de l'Oural. Pendant l'année 1910, la production de platine brut a été de 5.425 kilogs; elle a pu s'élever très brusquement en 1913 à 7.750 kilogs, le même chiffre à peu près ayant été obtenu même en 1914. Il est très probable qu'actuellement la production est très supérieure; une quantité considérable de ce métal peut être vendue sans que le relevé officiel en soit fait. Le métal se trouve le plus généralement dans des dépôts en placers et dans plusieurs régions, notamment dans les districts de Tchervin, de Perm, d'Ekaterinenburg, de Verkhotur ; et la production augmente constamment depuis nombre d'années dans ces parages. Les placers les plus riches proviennent de la décomposition prolongée, par les agents atmosphériques, d'une variété de roche à olivine, la dunite, qui se rencontre dans les montagnes de l'Oural, sur une zone assez étroite. Le rendement moyen est de 30 grammes de platine brut par kilogramme de gravier traité, rendement beaucoup plus faible que jadis. On se trouve dans la nécessité aujourd'hui d'exploiter des placers plus pauvres ou de développer l'exploitation de placers plus riches se trouvant dans des pays moins faciles à atteindre, et en même temps plus malaisés à exploiter. La prospection se continue de temps en temps; mais il est bien rare qu'on trouve de nouveaux dépôts. Certains districts ont été exploités depuis 80 ans; à la vérité, la région septentrionale des monts Ourals n'a pas été complètement explorée à ce point de vue.

La République sud-américaine de Colombie a vu ses dépôts en placers exploités de façon intensive par les Espagnols depuis le XVIe siècle : ils contiennent, en effet, tout à la fois de l'or et du platine, celui-ci se présentant dans la proportion de 10 %. Autrefois c'était l'or qui était recueilli, et on jetait couramment le platine. Les districts où celui-ci est surtout recueilli maintenant sont sur la côte du Pacifique, et sur le versant des Andes, dans les vallées des rivières Atrato, Angueca et San Juan. Or et platine proviennent de l'érosion par les agents atmosphériques de veines qui se trouvaient dans les roches en partie ignées de la haute montagne. On trouve parfois dans cette région des pépites; l'une d'entre elles est célèbre : elle pesait un peu plus de 373 grammes, alors que le poids ordinaire atteint à peine une trentaine de grammes. Parfois les placers sont exploités par les indigènes, qui souvent sont obligés de plonger pour aller recueillir les sables platinifères. On n'a pas encore essayé les dragues, bien que cette exploitation soit lente, laborieuse, de faible rendement, tout en ayant une grande importance, après les exploitations russes, étant donnée la faible extraction du platine dans le monde. On pourrait augmenter très considérablement l'extraction du platine en Colombie en recourant à des moyens mécaniques, afin d'atteindre les sables qui se trouvent beaucoup plus profondément dans l'eau; il est vrai que chaque année les érosions et les torrents apportent de nouveaux sables et de nouveaux graviers, qui permettent de recommencer les exploitations sur des alluvions exploitées l'année précédente ; quand on se trouve en présence d'une saison particulièrement sèche, on peut faire descendre plus profondément l'extraction de ces graviers. Parfois on en exploite sur les flancs des montagnes, là où les alluvions sont demeurées à sec. La production de platine brut en Colombie, en 1913, était de 465 kilogs; elle s'est élevée à 542 en 1914.

Les États-Unis, qui sont d'importants importateurs de platine, ne sont point sans posséder des exploitations, des placers qui se rencontrent dans la Californie septentrionale et dans l'Orégon méridional. Le métal se présente en particules très fines, très minces, en sorte de paillettes, et associé avec des sables noirs. On l'obtient

1. *Phil. Mag.*, t. XXI, p. 753; 1911.
2. *Phil. Mag.*, t. XXIV, p. 234; 1912.

aussi sous forme d'un minerai contenant à la fois du platine et du palladium dans une mine du Wyoming, et en mélange avec de l'or dans la Nevada. En 1912, l'extraction californienne avait donné seulement 18.700 grammes; elle est du reste tombée à 14.980 en 1913 pour la Californie et l'Orégon, et s'est relevée péniblement à 17.680 l'année suivante.

Nous ne devons pas oublier que des traces de platine ont été trouvées en Colombie britannique, dans les environs de Tulameen, où le platine est associé avec de la chromite; la teneur de la roche oscille entre 15 et 30 grammes à la tonne; il ne semble pas que l'exploitation économique de ces gisements soit possible, d'autant que la chromite ne s'y présente pas en abondance. On a annoncé que des dépôts de platine d'une étendue considérable et de bonne qualité avaient été découverts en Espagne : ils seraient situés dans la Sierra de Ronda, à 70 ou 80 kilomètres au nord de Gibraltar. Ces montagnes auraient la même structure géologique que les monts Ourals. Ajoutons enfin qu'un peu avant la guerre des dépôts de platine avaient été découverts dans les provinces du Rhin, dans les sables ou les graviers, à assez faible profondeur au-dessous de la surface du sol. Mais on n'a pas de détails sur la matière. On a rencontré aussi du platine, mais en petite quantité, dans la Nouvelle-Galles du Sud et en Tasmanie : l'extraction a pu atteindre en 1913 39 kilogs 1/2. On a recueilli également un peu de platine, quelque 600 grammes, en 1913, à Bornéo, à Sumatra et dans les parages environnants.

Durant l'année 1913, par exemple, il a été importé en France, au commerce général, c'est-à-dire en comprenant même les quantités qui ne font guère que passer par la France, 200 kilogrammes du minerai de ce précieux métal, un peu plus de 5.000 kilogs de platine brut, en masse, en barres, et une quarantaine de kilogs sous forme laminée, filée. Pour ce qui est de l'exportation, durant la même année 1913, non troublée par des circonstances exceptionnelles, elle a été de 1.100 kilogs environ de platine brut en masse, en lingots, à peu près 2.000 kilogs de platine laminé, et quelque 75 kilogrammes de platine battu en feuilles. Cela correspond au total à 11 millions 1/2 de francs environ.

En Grande-Bretagne, les importations, pendant la même année, ont été de 1.325 kilogrammes, pour une valeur d'environ 9 millions 1/2 de francs. Cette importation comprend une assez faible quantité de platine brut venant de Russie; autrefois, il s'importait pour des poids et des valeurs importantes de platine venant d'Allemagne, mais ce mouvement avait presque cessé, même avant la guerre. La grosse masse du métal raffiné venait de France : en 1913, le poids en avait été de 1025 kilogrammes, valant 7 millions 1/2 de francs. Le platine brut importé en Angleterre venait surtout de Colombie; il en arrivait un peu des Etats-Unis.

D. B.

§ 6. — Biologie

La vitesse de régénération des organes ayant subi des sections répétées. — Un des phénomènes les plus intéressants de la régénération est l'aptitude au remplacement d'une partie qui a été plusieurs fois sectionnée. Des études antérieures de Zeleny tendent à montrer qu'en règle générale la vitesse de régénération, après le premier enlèvement d'un organe, n'est pas plus grande qu'après le second ou l'un des suivants, si l'on élimine l'effet de l'âge. Quand il existe une différence, elle est en faveur de la dernière régénération.

Ce sujet présente un grand intérêt parce qu'il se relie au problème général du développement, et en particulier à la question de l'existence ou de la non-existence d'une limite nécessaire à la quantité de substance vivante qu'un individu peut produire pendant son cycle vital. Pour jeter quelque lumière sur ce point, M. Ch. Zeleny a repris ses expériences sur une plus grande échelle[1].

Pour comparer les régénérations successives, il faut éliminer d'une façon certaine l'effetsde l'âge. En effet, si l'on compare la vitesse d'une seconde régénération à celle d'une première chez le même individu, toute différence observée peut être due non au seul effet de la succession des lésions, mais à l'effet de la différence d'âge. La méthode employée par le savant zoologiste américain consiste à enlever d'abord une partie de la queue à la moitié d'un lot de larves d'Amphibiens de même âge. Quand la régénération s'est poursuivie pendant plusieurs jours, on sectionne de nouveau cette partie, tandis qu'on l'enlève pour la première fois dans l'autre moitié du lot. La seconde régénération chez la première moitié peut alors être comparée directement avec la première régénération chez l'autre moitié : il n'y a pas de différence d'âge.

Les expériences ont porté sur des têtards de grenouille verte, *Rana clamitans*, et de salamandre, *Amblystoma punctatum*. Les résultats ont été les mêmes dans les deux cas. Le facteur âge étant éliminé, il n'y a aucune diminution de la vitesse de régénération après les ablations successives. Au contraire, la seconde régénération est plus rapide que la première jusqu'à la période de croissance maximum. La seconde régénération passe donc par son maximum plus tôt que la première; après le 10e jour, elles se rejoignent. Il n'y a aucune différence accusée entre la 3e et la 2e régénération, bien qu'on note généralement un léger avantage en faveur de la 3e. En comparant les régénérations successives chez un même individu, il y a une diminution progressive de la vitesse, et celle-ci est certainement due à l'âge. La période d'augmentation de la vitesse est celle de multiplication cellulaire active, tandis que la diminution de croissance est associée à la différenciation cellulaire. La seconde régénération atteint donc la période de différenciation un peu en avance sur la première régénération.

On pourrait supposer que la seconde régénération commence plus rapidement que la première parce que les cellules, à la surface d'ablation, subissent déjà des changements régénératifs au moment de la première. Des expériences de M. Zeleny montrent qu'il n'en est rien, car si l'on opère la seconde ablation un peu plus près de la tête, au milieu des cellules qui n'ont pas encore subi la régénération, la rapidité de la régénération est à peu près la même.

A part le ralentissement dû à l'âge, l'ensemble des expériences ne fournit aucune preuve en faveur d'une limitation de la quantité de substance nouvelle qui peut être produite par régénération, ni de l'existence d'un nombre défini de régénérations cellulaires entre l'œuf fertilisé et le produit final, la cellule différenciée.

L'explication de la régénération par la théorie des séries doubles de déterminants se heurte au fait des régénérations successives sans diminution; plus le nombre des régénérations répétées est important, plus il est difficile d'en donner une explication sur cette base. Par contre, la difficulté disparaît dans l'hypothèse que chaque cellule ou presque chaque cellule contient une série complète de déterminants.

1. *Proc. of the Nat. Acad. of Sciences of the U. S. of America*, t. II, n° 8, p. 487; août 1916.

LA SEXUALITÉ HÉTÉROGAMIQUE DES LAMINAIRES

ET LA REPRODUCTION CHEZ LES ALGUES PHÉOSPORÉES

PREMIÈRE PARTIE

En démontrant tout récemment l'existence d'une sexualité hétérogamique chez les Laminaires, C. Sauvageau vient de réaliser une véritable découverte, car les botanistes désespéraient de rencontrer des indices de sexualité chez ces géants de la flore marine. De même que les *Caulerpa*, Algues vertes Siphonées, d'une haute différenciation morphologique et qui, dans les régions chaudes, constituent de vastes prairies sous-marines, se multiplient uniquement selon le mode végétatif, sans trace connue d'organes reproducteurs, de même, les Laminaires passaient pour dotées d'une reproduction exclusivement asexuée. Cette découverte n'a pas seulement l'attrait d'un fait nouveau ; sans parler de son importance au point de vue de la physiologie générale de la reproduction, elle apporte encore un argument de haute valeur à la thèse que soutient depuis longtemps le savant professeur de l'Université de Bordeaux, à savoir que les données classiques sur la biologie des Algues Phéosporées résultent de généralisations hâtives basées sur des observations incomplètes ou trop peu nombreuses et qu'elles doivent être partiellement revisées. Pour mieux comprendre l'importance de cette découverte et ce qu'il y a d'imprévu dans le mécanisme sexuel des Laminaires, il est utile de faire connaître brièvement l'état actuel de nos connaissances sur la reproduction dans le groupe d'Algues auquel appartiennent les Laminaires, c'est-à-dire chez les Phéosporées.

La classe des Algues brunes ou Phéophycées comprend trois sous-classes : les Fucacées, les Phéosporées et les Dictyotacées ; toutes sont marines. Les Fucacées, dont les représentants les plus connus sont les Varechs et les Sargasses, totalement dépourvues de spores, se reproduisent uniquement par des œufs issus par hétérogamie de l'union d'une oosphère non motile avec un anthérozoïde motile. Par la haute différenciation de leur thalle, par la localisation de leurs organes reproducteurs à l'intérieur de conceptacles, les Fucacées représentent les Phéophycées les plus élevées en organisation. On sait par les travaux classiques de Thuret, Guignard, Oltmanns que l'oogone des Fucacées contient huit noyaux qui fournissent ou peuvent fournir un maximun de huit oosphères et que l'anthéridie donne soixante-quatre anthérozoïdes. D'après Strasburger et Yamanouchi, les noyaux végétatifs du *Fucus vesiculosus* possèdent soixante-quatre chromosomes, et les noyaux sexués trente-deux seulement. La réduction chromatique s'opère dans les deux premières mitoses de l'oogone et de l'anthéridie ; les mitoses suivantes maintiennent le nombre réduit de chromosomes. Pour ces auteurs, le thalle du *Fucus* équivaut à un sporophyte et les éléments à n chromosomes des organes reproducteurs (3e mitose de l'oogone, 4e, 5e et 6e mitoses de l'anthéridie) équivalent à un gamétophyte. Cette interprétation n'est pas admise par tous les auteurs, et quelques biologistes pensent que le développement du *Fucus* est direct, sans alternance de générations. D'autres Fucacées, notamment certaines espèces de *Cystoseira* et de *Sargassum*, offrent dans leur reproduction des faits singuliers que Sauvageau[1] a mis en évidence et qui seront probablement le point de départ de travaux ultérieurs. Les anthérozoïdes y manquent de point rouge et la déhiscence libère incomplètement l'oosphère unique de la membrane de l'oogone. Les anthérozoïdes incolores doivent traverser une membrane figurée pour atteindre l'élément femelle ; l'œuf germe dans une gelée protectrice et, par suite, la véritable dissémination s'effectue par des embryons pluricellulaires. En outre, les sept noyaux inutilisés de l'oogone, qui vivent plusieurs jours à l'état nu et indépendant, seraient bien intéressants à étudier au point de vue de la nutrition et de la dégénérescence de la chromatine.

Les Dictyotacées constituent une petite sous-classe ne renfermant que quelques genres : *Dictyota*, *Zonaria*, *Taonia*, *Padina*, etc.. Le thalle peu différencié affecte la forme d'une membrane ou d'un ruban, qui s'amincit parfois à la base en un rhizome cylindrique. Nos connaissances sur la reproduction de ces Algues et sur leurs affinités sont assez incomplètes. Dans une même espèce, le thalle n'est jamais unique ; il y a toujours des individus asexués et des individus sexués, monoïques ou dioïques, si semblables les uns aux autres qu'à moins d'employer le

1. C. Sauvageau : A propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guéthary. *Bull. Station biol. d'Arcachon*, 14e Année, 1912.

microscope, il est difficile de les distinguer. Mais il s'en faut de beaucoup que ces deux ou trois sortes de thalles soient connues chez tous les représentants de la sous-classe. Les organes asexués sont des tétrasporanges qui donnèrent autrefois l'illusion d'une parenté intime des Dictyotacées avec les Algues rouges. Les organes femelles renferment une seule oosphère et les anthéridies à nombreuses logettes fournissent des anthérozoïdes globuleux qui rappellent les pollinides des Floridées et que l'on peut voir représentés dans les magnifiques planches qui illustrent le mémoire classique dans lequel Thuret[1] décrivait la fécondation et la germination des Fucacées. On avait toujours vu les anthérozoïdes dépourvus de motilité jusqu'à ce que Williams ait décrit leurs cils et leurs mouvements ; sans mettre en doute l'observation de ce savant, on peut se demander si les cils existent toujours et partout. Quoi qu'il en soit, l'acte même de la fécondation n'a pas été observé. Les recherches cytologiques de Williams[2], accompagnées de la numération des chromosomes, et les cultures expérimentales de Hoyt[3] prouvent qu'il y a une alternance de générations entre les thalles sexué et asexué du *Dictyota*, mais il resterait à expliquer pourquoi, chez certaines espèces, telle sorte de thalle est bien plus fréquente que telle autre. Une difficulté d'un autre ordre a été récemment élucidée. Bornet[4] avait observé sur le *Zonaria flava* d'Antibes des octosporanges sans autres organes reproducteurs; correspondaient-ils aux tétrasporanges habituels ou étaient-ils des oogones à huit oosphères comme chez les *Fucus*? Or Sauvageau[5] a retrouvé, en 1905, le *Zonaria flava* aux Canaries en individus sexués de la forme normale et en individus à octosporanges; ces organes représentent donc des tétrasporanges. Par sa ressemblance avec l'*Aglaozonia*, c'est-à-dire avec l'individu asexué des *Cutleria*, ce *Zonaria* devient ainsi le lien cherché entre les Dictyotacées et les Phéosporées.

La sous-classe des Phéosporées comprend toutes les autres Phéophycées : *Cutleria*, *Tilopteris*, *Ectocarpus*, *Laminaria*, etc... Ce groupe a été créé par Thuret, dans un mémoire resté célèbre, pour les Algues à chromatophores bruns qui produisent des zoospores de même couleur et portant deux cils insérés latéralement et dirigés l'un en avant, l'autre en arrière. Les organes reproducteurs sont très uniformes dans le plus grand nombre des familles dont se compose le groupe des Phéosporées ; ce sont des sporanges de deux sortes, les uns uniloculaires et les autres pluriloculaires. Les premiers sont des sacs souvent ovoïdes, s'ouvrant par un orifice unique ; les seconds sont divisés en logettes qui s'ouvrent isolément ou par un pore terminal unique, après disparition partielle ou totale des cloisons. Les zoospores issues de ces deux sortes d'organes offrent une parfaite ressemblance, sauf parfois certaines différences dans la taille. Les unes et les autres sont capables de germer et elles étaient, pour Thuret, des éléments asexués.

Toutefois Thuret[1], dans le mémoire même où il précisait les caractères des Phéosporées, faisait d'expresses réserves pour les *Cutleria;* cinq ans plus tard, il en faisait d'analogues pour le *Tilopteris*. Il montrait que le *Cutleria multifida* manque de sporanges uniloculaires et que les organes pluriloculaires, au lieu d'être uniformes, y sont de deux sortes; les uns, à petites logettes, sont des anthéridies; les autres, à grandes logettes, des oogones, et les gamètes qui sortent des uns et des autres sont ciliés et motiles. Chez le *Tilopteris Mertensii*, les organes pluriloculaires sont tous à petites logettes, renferment des corpuscules motiles identiques aux anthérozoïdes des *Fucus* et sont par suite des anthéridies, mais les organes uniloculaires sont volumineux et renferment un élément unique, non motile, ayant peut-être la valeur d'une oosphère qui correspondrait à celle des *Fucus*.

De plus, de 1878 à 1881, Goebel[2] chez l'*Ectocarpus globifer* et le *Giraudya sphacelarioides* et Berthold[3] chez le *Scytosiphon Lomentaria* et l'*Ectocarpus siliculosus* décrivirent une conjugaison entre zoospores issues des sporanges pluriloculaires et considérèrent ces zoospores comme des gamètes à sexualité isogame. On voulut généraliser ces données avant de les vérifier et Kjellman (Phéophycées, in Engler et Prantl)

1. G. Thuret : Recherches sur la fécondation des Fucacées et les anthéridies des Algues. *Ann. des Sc. nat.*, 4e série, t. II et III, 1855.

2. J.-L. Williams : Alternation of Generations in the Dictyotaceae. *The new Phytologist*, 1903, et Studies in the Dictyotaceae. I. The Cytology of the Tetrasporangium and the germinating Tetraspore. — *Id.* II. The cytology of the gametophyte generation. *Ann. of Bot.*, t. XVIII, 1904.

3. W. Hoyt : Alternation of generations and sexuality in *Dictyota dichotoma*. *Bot. Gaz.*, t. L, 1910.

4. Bornet et Thuret : Etudes phycologiques, 1878.

5. C. Sauvageau : Observations sur quelques Dictyotacées et sur un *Aglaozonia* nouveau. *Bull. Station biol. d'Arcachon*, 8e année, 1904-1905 ; et sur les anthéridies du *Taonia atomaria*. *Journal de Bot.*, t. XI, 1897.

1. G. Thuret : Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames, 1re partie. *Ann. des Sc. nat.*, 3e série, t. XIV, 1850.

2. Goebel : Zur Kenntniss einiger Meeresalgen. *Bot. Zeit.*, t. XXXVI, 1878.

3. G. Berthold : Die geschlechtliche Fortpflanzung der eigentlichen Phaeosporeen. *Mitth. aus der zool. Station zu Neapel*, t. II, 1881.

considéra les organes uniloculaires comme des sporanges et les organes pluriloculaires comme des gamétanges.

C'est sur les données précédentes qu'est fondée la division encore aujourd'hui classique des Phéosporées en trois ordres : **Phéosporées hétérogames à oosphère motile** ou **Cutlériacées**, **Phéosporées hétérogames à oosphère non motile** ou **Tiloptéridées**, **Phéosporées isogames** ou **Phéosporées vraies** (*Ectocarpus*, *Elachistea*, *Sphacelaria*, *Cladostephus*, *Halopteris*, *Scytosiphon*, *Laminaria*, *Saccorhiza*, *Alaria*, etc...)

Mais les recherches ultérieures ne tardèrent pas à apporter maintes restrictions à ce schéma. Bornet[1] fut le premier à montrer que la reproduction des Phéosporées présente parfois des complications insoupçonnées. Sauvageau[2], continuant l'œuvre de son maître Bornet, faisait, en 1896, un historique très documenté de la question, d'où il résulte qu'une théorie générale ne peut expliquer les nombreux cas particuliers qui sont en désaccord avec l'interprétation qui devenait classique et qu'au surplus cette interprétation hâtive masquait certainement les affinités réelles des divers groupes de Phéosporées. Depuis, Sauvageau n'a cessé de s'occuper de la biologie et de la reproduction des Algues brunes, et ce labeur ininterrompu de plus de vingt ans l'avait bien préparé à une découverte telle que celle de la sexualité des Laminaires, entourée de difficultés insurmontables pour un débutant.

Précisons tout d'abord en quelques mots l'état actuel de nos connaissances sur la reproduction dans chaque ordre de Phéosporées.

I. — Cutlériacées

Les Cutlériacées comprennent seulement deux genres, *Zanardinia* et *Cutleria*, l'un et l'autre représentés sur nos côtes, le premier par une espèce, le *Zanardinia collaris*, le second par deux espèces, les *Cutleria adspersa* et *multifida*. Leur thalle se constitue d'une manière tout à fait remarquable ; il est bordé par des filaments libres ou « cils », comparables à des filaments d'*Ectocarpus*, qui s'allongent par cloisonnement basilaire vers l'intérieur et vers l'extérieur ; les cellules formées vers l'intérieur se soudent aussitôt entre elles, puis se cloisonnent de nouveau, de manière à constituer un parenchyme d'une certaine épaisseur. Le *Zanardinia* et le *Cutleria adspersa* sont des lames à contour circulaire, de quelques centimètres de rayon, plus ou moins ondulées et fixées par leur base. Le *Cutleria multifida* est une lame étroite plusieurs fois bifurquée, longue de un à deux décimètres, ondulant au gré de l'eau. Le *Zanardinia* vit à une assez grande profondeur ; il faut profiter de circonstances heureuses pour se le procurer, ou le chercher parmi les Algues rejetées sur la grève après le mauvais temps, tandis que les deux *Cutleria*, aussi bien dans l'Océan que dans la Méditerranée, sont facilement abordables ; ils vivent seulement quelques mois, mais on peut les obtenir en quantité pendant la saison favorable. C'est pour ces raisons que le *Zanardinia* a été moins étudié que les *Cutleria*.

Les thalles du *Zanardinia* sont les uns sexués, les autres asexués. Sur les thalles sexués, monoïques, les organes reproducteurs sont groupés en sores saillants, les uns à petites logettes renfermant des anthérozoïdes comparables à ceux des *Fucus*, les autres à grandes logettes renfermant des oosphères motiles. Les thalles asexués, sans différence extérieure, portent des sores de sporanges uniloculaires en forme de sacs étroits et dressés renfermant des zoospores. L'alternance de générations que l'on supposait exister entre les thalles sexué et asexué a été démontrée au moyen des méthodes cytologiques par Yamanouchi[1] qui a compté 44 chromosomes dans les thalles asexués et 22 dans les thalles sexués. Ici, comme chez le *Dictyota*, il n'existe aucune différence morphologique entre le gamétophyte et le sporophyte.

Les thalles du *Cutleria* sont seulement sexués et dioïques, les uns portant des anthéridies, les autres des oogones, et ces deux sortes d'organes reproducteurs sont comparables à ceux des *Zanardinia*. D'autre part, on connaissait un certain genre *Aglaozonia*, et en particulier l'espèce *A. parvula*, consistant en une petite lame brune rampant sur les rochers comme le ferait une Dictyotacée, et notamment un *Zonaria*, mais dont les organes reproducteurs étaient des sporanges uniloculaires tout à fait comparables à ceux du *Zanardinia*. Malgré les présomptions, la morphologie était impuissante à établir une parenté entre ce thalle asexué de cloisonnement semblable à celui du *Zonaria* et le thalle sexué d'une Cutlériacée dont l'origine est si spéciale.

Les observations fondamentales faites à Naples,

1. Ed. Bornet : Note sur quelques *Ectocarpus*. *Bull. Soc. bot. de France*, t. XXXVIII, 1891.

2. C. Sauvageau : Remarques sur la reproduction des Phéosporées et en particulier des *Ectocarpus*. *Ann. des Sc. nat.*, *Bot.*, série VIII, 1896, et Observations relatives à la sexualité des Phéosporées. *Journ de Bot.*, t. X, 1896, et XI, 1897.

1. S. Yamanouchi : Zur Entwicklungsgeschichte von *Zanardinia collaris* Crouan (vorläufige Mitteilung). *Botan. Magaz.* Tokio, t. XXV, p. 288 ; 1911. Analysé par Ikeno dans *Bot. Centralbl.*, t. CXVI.

en 1879, par Falkenberg[1] sur des cultures d'œufs fécondés de *Cutleria multifida* furent un trait de lumière, car elles lui fournirent de petites lames rampantes qu'il ne put pousser jusqu'à la reproduction, mais dont la structure et le mode d'accroissement étaient si semblables à ceux de l'*Aglaozonia parvula* qu'il émit l'hypothèse que celui-ci représentait le sporophyte du *Cutleria multifida* et qu'il y avait alternance régulière de générations. Or, tandis qu'il existe à Naples deux *Cutleria*, on n'y connaissait qu'un seul *Aglaozonia*. Mais des dragages ayant fourni à Falkenberg un petit *Aglaozonia* nouveau qu'il nomma *A. chilosa*, il en conclut que celui-ci était peut-être (chi-lo-sa) le sporophyte de l'autre *Cutleria*, le *C. adspersa*. Les germinations obtenues par Falkenberg commençaient par la formation d'un organe transitoire, une *colonnette* dressée et massive ; si cette colonnette, dont le rôle éphémère se borne à la formation d'une lame rampante d'*Aglaozonia*, n'a que peu de valeur au point de vue physiologique, elle paraît douée d'une grande importance phylogénétique. A cette forme de plantules Sauvageau donne le nom de formes Falkenberg (fig. I).

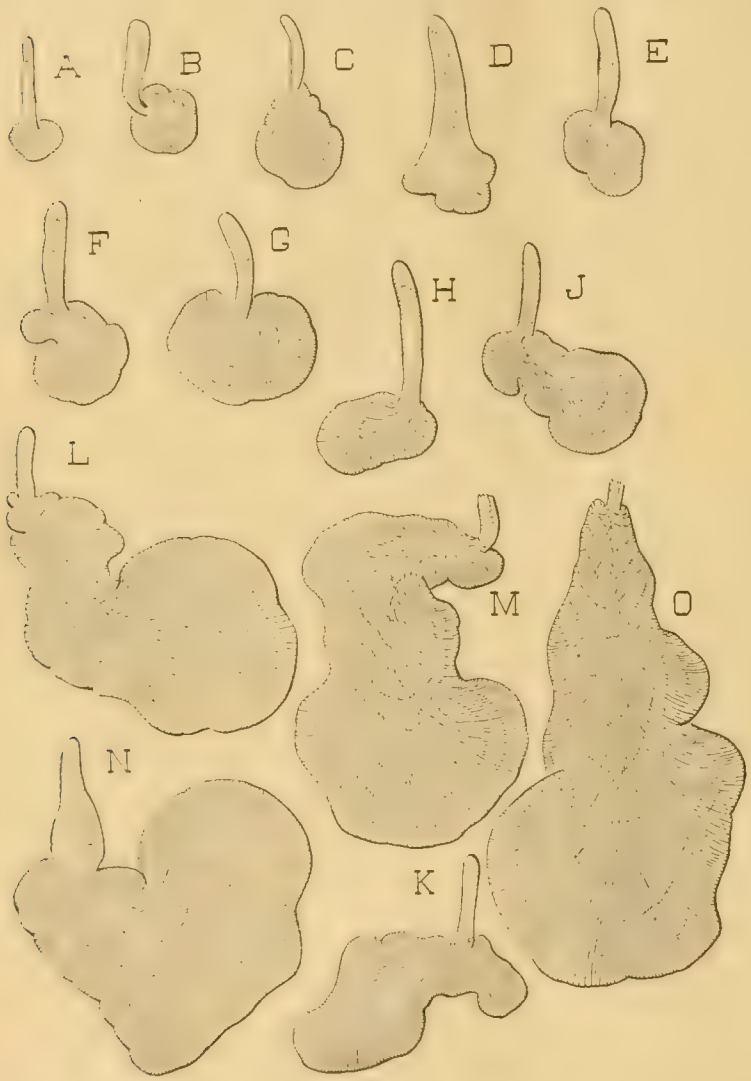


Fig. I. — *Plantules falkenbergiennes épiphytes sur le* Cutleria adspersa *à Guéthary*. — On remarque les différences de forme et de taille de la colonnette, qui, en M et O, est tronquée. (Les contours des plantules sont dessinés exactement, mais les lignes indiquant les files radiales de cellules sont approximatives). D'après C. Sauvageau. (Gr. 40.)

Les conclusions précédentes paraissaient logiques et rigoureuses, quand Sauvageau[1] découvrit à Guéthary (Basses-Pyrénées), où le *Cutleria multifida* est très rare et le *C. adspersa* très commun, sur les mêmes rochers où vit celui-ci et en abondance, une troisième espèce d'*Aglaozonia*, l'*A. melanoidea*, que Schousboe avait déjà récolté au Maroc, mais dont la nature aglaozonienne n'avait pas été exactement interprétée. Il l'a retrouvé ensuite sur la côte nord de l'Espagne, sur les rochers voisins du Laboratoire de Banyuls-sur-Mer ; enfin, bien que la baie de Naples soit l'une des localités les mieux connues de la Méditerranée, Sauvageau a montré qu'il y existe aussi en étudiant des pierres qu'une algologue morte récemment, Mlle Vickers, lui avait envoyées sur sa demande. Sauvageau a pu démontrer que l'*Aglaozonia melanoidea* est le sporophyte du *Cutleria adspersa*. L'on ne connaît point le gamétophyte de l'*A. chilosa ;* celui-ci n'est cependant pas cantonné à Naples, et Sauvageau l'a retrouvé dans des dragages aux environs des îles Baléares. Plus récemment, à Puerto Orotava, Sauvageau a découvert une quatrième espèce d'*Aglaozonia*, l'*A. canariensis*, dont le gamétophyte lui est inconnu.

Il y a donc lieu de supposer qu'il existe chez les

1. P. Falkenberg : Die Befruchtung und der Generationswechsel von *Cutleria*, 1879.

1. C. Sauvageau : Les Cutlériacées et leur alternance de générations. *Ann. des sc. nat., Bot.*, série VIII, 1899, et plusieurs notes ultérieures dans les *C. R. de la Société de Biologie*.

Cutleria, comme chez le *Zanardinia*, une véritable alternance des générations sexuée (*Cutleria*) et asexuée (*Aglaozonia*). Mais ici des phénomènes viennent embrouiller le cycle et rendre son apparence tellement confuse que l'on a pu, à la suite de l'étude de ces complications et contre toute évidence, se refuser à croire à la réalité de l'alternance.

Les doutes sont nés d'abord de considérations purement géographiques. Le *Cutleria multifida* ne remonte pas aussi haut que son sporophyte l'*Aglaozonia parvula*, qui existe seul en Ecosse et sur les côtes atlantiques de Norvège, où, par conséquent, il se reproduit sans alternance de générations. La forme sexuée de l'*Aglaozonia chilosa* ne paraît pas exister non plus dans la Méditerranée et l'on ne connaît pas davantage la forme sexuée de l'*Aglaozonia canariensis*. Mais les complications ont été révélées surtout par les cultures expérimentales de zoospores ou d'oosphères de ces espèces et par des observations plus précises faites dans la nature.

Si l'on se trouvait en présence d'une alternance régulière de générations, les zoospores devraient toujours donner un gamétophyte, c'est-à-dire un *Cutleria*, et les oosphères, un sporophyte, c'est-à-dire un *Aglaozonia*. Or, dans certaines conditions, des zoospores d'*Aglaozonia* peuvent redonner directement des *Aglaozonia*. Le fait avait été d'abord montré, en 1900, par Kuckuck[1] à Helgoland. Sauvageau[2], en 1908, a fait sur l'*Aglaozonia melanoidea* des observations analogues, à Banyuls-sur-Mer. Il a obtenu des milliers de germinations de zoospores d'*Aglaozonia melanoidea*. « En très grande majorité, elles donnèrent des *Cutleria*, et dans la proportion de 1 % environ des *Aglaozonia*. » Toutes ces plantules étaient parfaitement normales.

De même que les *Aglaozonia* peuvent directement se reproduire sous la forme d'*Aglaozonia*, de même les *Cutleria* sont capables d'engendrer des *Cutleria* sans intervention du segment *Aglaozonia*. Dès 1850, Thuret avait observé à Saint-Vaast-la-Hougue, où la parthénogenèse des *Cutleria* est constante, que les oosphères donnent en germant des plantules à apparence d'*Ectocarpus* dont on ne comprit la signification qu'à partir du jour où Sauvageau eut montré comment se constituait un jeune thalle de *Cutleria*. A ces plantules Sauvageau donne le nom de formes Thuret (fig. II). Ainsi, tandis que les oosphères fécondées avaient fourni des *Aglaozonia* à Falkenberg, les oosphères parthénogénétiques avaient donné des *Cutleria* à Thuret.

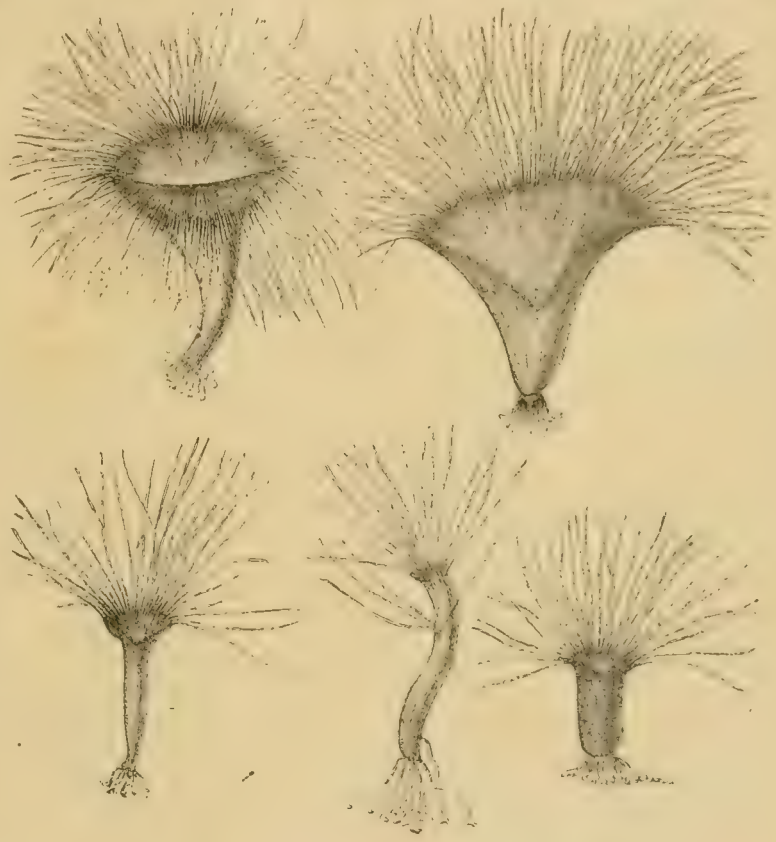


Fig. II. — *Plantules thurétiennes épiphytes sur le* Cutleria adspersa *à Guéthary, pour montrer les différences dans la forme et la taille du support*, d'après C. Sauvageau. (G. 20.)

Toutefois, il n'existe pas entre la nature des plantules et l'état des oosphères, vierges ou fécondées, le lien que laisse supposer cette observation. C'est ce qui ressort des recherches entreprises en 1906 et 1907 à Banyuls par Sauvageau[1]. Il a établi de nombreuses cultures cellulaires du *Cutleria adspersa*, les unes renfermant des oogones, les autres des oogones et des anthéridies ;

1. P. Kuckuck : Beiträge zur Kenntnis des Meeres, 9, Ueber den Generationswechsel von *Cutleria multifida*. *Wiss. Meeresuntersuch., Abth. Helgoland*, 1900.

2. C. Sauvageau : Sur la germination des zoospores de l'*Aglaozonia melanoidea*. *C. R. de la Société de Biologie*, t. LXIV, 1908.

1. C. Sauvageau : Sur la germination parthénogénétique du *Cutleria adspersa*. *C. R. de la Société de Biologie*, t. LXIV, 1908.

il n'a point observé de copulation dans les cultures mâles et femelles, et, en supposant que des fécondations se soient produites, elles doivent être en petit nombre. Les résultats fournis par les deux séries de cultures sont concordants et, sur toutes les lamelles, de jeunes *Aglaozonia* se sont développés, ce qui prouve d'abord que les oosphères du *Cutleria adspersa* germent par parthénogenèse aussi bien dans la Méditerranée (tout au moins à Banyuls) que dans l'Océan. En outre, dans les deux séries de cultures, il a rencontré çà et là quelques germinations thurétiennes ; leur proportion ne dépassait pas un sur cinq cents. Dans des cultures ultérieures [1], les oosphères du *C. adspersa* fournirent des *Cutleria* dans la proportion de un pour vingt *Aglaozonia*, et ces *Cutleria* fructifièrent au bout de deux mois. D'autre part, des oosphères de *Cutleria* obtenues sur de petits individus provenant de la germination expérimentale de zoospores d'*Aglaozonia* fournirent en nombre à peu près égal des *Cutleria* et des *Aglaozonia*.

Ainsi, bien que, d'une manière générale, il y ait formation d'*Aglaozonia* par *Cutleria* et de *Cutleria* par *Aglaozonia*, il y a toujours un certain tant pour cent d'irrégularités, *Aglaozonia* donnant *Aglaozonia*, et *Cutleria* donnant *Cutleria*. L'alternance est donc prouvée, et, contrairement à ce que l'on observe chez le *Zanardinia*, elle s'y accompagne de différences morphologiques profondes entre le sporophyte et le gamétophyte ; mais elle n'est pas constante comme chez une Fougère. Oltmanns [2] ne pourrait plus soutenir, comme il le fit avant la publication des observations faites en 1908 par Sauvageau, que l'alternance des générations des *Cutleria* n'était pas démontrée et que le dimorphisme des deux générations pouvait s'expliquer par des phénomènes de contact. La preuve décisive, quoique superflue, de la réalité de l'alternance des générations a été fournie, en 1912, par la numération des chromosomes, réalisée par Yamanouchi [3], déjà connu par ses remarquables travaux sur les *Fucus* et les *Polysiphonia* ; les mitoses végétatives du *Cutleria multifida* et celles qui donnent naissance aux gamètes mâles et femelles montrent uniformément 24 chromosomes ; l'œuf possède donc 48 chromosomes. Ce nombre se maintient dans les mitoses végétatives de l'*Aglaozonia parvula*, et il se produit une réduction dans la formation des zoospores qui ne contiennent plus que 24 chromosomes. L'alternance est donc indéniable. Yamanouchi prétend même que cette alternance est constante, que les cultures de zoospores lui fournissent toujours des *Cutleria* et réciproquement. Mais il suffit d'examiner certaine figure de son mémoire [1] pour constater qu'il a rencontré des irrégularités. La figure 15, qu'il donne comme représentant de jeunes *Cutleria* obtenus par la germination de zoospores d'*Aglaozonia*, se rapporte à de jeunes *Aglaozonia* mal développés, mais bien reconnaissables à leur colonnette.

Il n'est pas improbable que les irrégularités dans l'alternance reconnaissent pour cause des irrégularités cytologiques. Les oosphères fécondées donnent toujours des *Aglaozonia*, mais les oosphères parthénogénétiques pourront donner un *Cutleria* ou un *Aglaozonia* suivant qu'elles posséderont n ou $2\,n$ chromosomes. De même, les zoospores normales donnent toujours des *Cutleria* ; mais des anomalies peuvent se produire au moment de la formation des zoospores. Si certaines d'entre elles ont $2\,n$ chromosomes au lieu de n, elles produiront un *Aglaozonia*.

Quoi qu'il en soit, l'origine de cette Algue singulière est entourée d'obscurité, et il n'est pas possible actuellement d'établir ses rapports avec les autres Phéophycées, car les affinités de son thalle sexué, c'est-à-dire du *Cutleria*, ne sont pas les mêmes que celles de son thalle asexué, de l'*Aglaozonia*. Aussi Sauvageau [2] pense-t-il que ces questions ne seront élucidées que le jour où l'on sera renseigné sur la vraie nature de la colonnette. Cette colonnette est certainement un organe primitif, une sorte de proembryon atavique, puisque la lame rampante d'un *Aglaozonia* ne peut naître que de la base d'une colonnette ; une seule fois, Sauvageau a vu sur une plantule bien isolée et non gênée dans son développement que la colonnette avait formé à son sommet un disque horizontal, plus large que celui de la base. En outre, et accidentellement, cette colonnette peut transformer son sommet en filaments de *Cutleria*. A ces plantules rares décrites pour la première fois par Church [3], Sauvageau donne le nom de formes Church (fig. III) ; elles ont même fourni en culture des oogones et des anthéridies

1. C. Sauvageau : Nouvelle observation sur la germination parthénogénétique du *Cutleria adspersa L. C. r. de la Soc. de Biologie*, t. LXV, 1908.

2. F. Oltmanns : Morphologie und Biologie der Algen, vol. II, p. 272 ; 1905.

3. S. Yamanouchi : Cytology of *Cutleria* and *Aglaozonia*. *Bot. Gaz.*, t. XLVIII, 1909, et The Life History of *Cutleria*. *Bot. Gaz.*, t. LIV, 1912.

1. S. Yamanouchi : The Life History of *Cutleria*. *Bot. Gaz.*, t. LIV, 1912.

2. C. Sauvageau : Les Cutériacées et leur alternance de générations, 1899.

3. Church : The polymorphy of *Cutleria multifida*. *Ann. of Bot.*, vol. XII, 1898.

identiques à ceux des vrais *Cutleria*, mais on n'a jamais vu ces filaments se transformer en thalle fascié de *Cutleria*. Ces formes Church sont certainement anormales. Elles n'en sont pas moins d'un grand intérêt, car elles prouvent que la colonnette est le lien qui unit les deux formes si disparates que représentent un *Cutleria* et un *Aglaozonia*. Quand la nature de la colonnette sera comprise, les affinités des Cutlériacées seront éclaircies; malheureusement on ne connaît aucun genre actuel de Phéosporées ayant la structure et le développement de la colonnette.

II. — Tiloptéridées

Les Tiloptéridées sont des Phéosporées filamenteuses comme les *Ectocarpus*, caractérisées par une hétérogamie avec anthérozoïde motile et oosphère non motile; leur histoire biologique présente d'importantes lacunes. Le *Tilopteris Mertensii* en fut pendant longtemps le seul représentant; c'est d'ailleurs une plante assez rare chez nous et que l'on trouve uniquement sur les côtes de la Manche; Thuret[1] y fit connaître des organes pluriloculaires d'où sortaient des éléments motiles qu'il compara aux anthérozoïdes des Fucacées et de volumineux sporanges à une seule spore non motile qu'il supposait être une oosphère, pouvant germer par parthénogenèse. Ces prétendues oosphères sont tantôt nues et uninucléées et tantôt plurinucléées et pourvues d'une membrane. Après bien des confusions et des contradictions, le genre *Haplospora*, découvert sur les côtes scandinaves avec l'espèce *H. globosa*, vint s'ajouter au *Tilopteris*. Cette espèce est représentée par des individus de deux sortes : les uns, asexués, portant de grosses monospores tétranucléées ou plurinucléées et pourvues d'une mince membrane, les autres, sexués, avec des organes pluriloculaires comparables aux anthéridies des Fucacées et des monospores uninucléées. En 1899, la découverte de monosporanges chez l'*Ectocarpus pusillus*, qui possède en outre des sporanges uniloculaires et pluriloculaires, amena Sauvageau[2] à faire rentrer cette espèce, sous le nom d'*Acinetospora pusilla*, dans le genre *Acinetospora* qui avait été créé par le docteur Bornet[3]. Sauvageau[4] a montré depuis que ces spores sont parfois motiles, ainsi que les spores issues des sporanges uniloculaires. En même temps, un autre *Ectocarpus*, l'*E. geminatus*, rattaché par le docteur Bornet aux Tiloptéridées et au genre *Haplospora*, après être devenu temporairement le genre *Heterospora*, rentrait définitivement dans le genre *Acinetospora* parce qu'il possède, comme l'*A. pusilla*, des monosporanges et des sporanges uniloculaires à zoospores; mais on n'y a point trouvé de sporanges pluriloculaires.

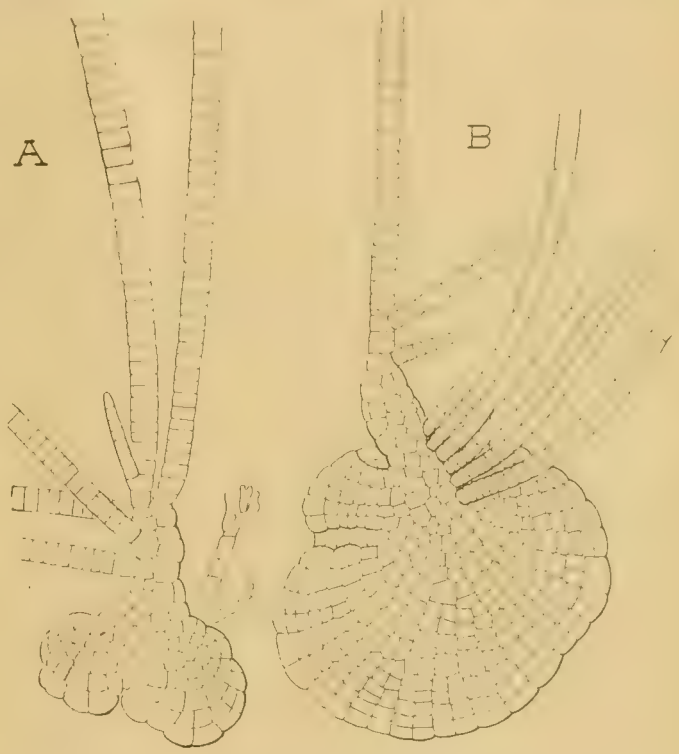


Fig. III. — *Plantules churchiennes épiphytes sur le* Cutleria adspersa *à Guéthary*, d'après C. Sauvageau. (Gr. 200.)

Ainsi, le seul caractère commun à ces quatre espèces est la présence de monosporanges contenant de grosses monospores, qui, chez certains individus sont nues et uninucléées et, chez d'autres, plurinucléées et recouvertes d'une membrane. On avait cru, un moment, que les premières étaient des oosphères et les secondes de vraies spores, mais Sauvageau a établi, en se basant sur la structure spumeuse du protoplasma, sur les dimensions inconstantes et relativement grandes de ces éléments, sur la présence d'une membrane même autour des monospores uninucléées, alors qu'elles sont encore incluses, qu'ils ne pouvaient pas être autre chose que des

1. G. Thuret : *loc. cit.*, 1855.
2. C. Sauvageau : Les *Acinetospora* et la sexualité des Tiloptéridées. *Journ. de Bot.*, t. XIII, 1899.
3. Ed. Bornet : Note sur quelques *Ectocarpus*. *Bull. Soc. bot. de France*, t. XXXVIII, 1891.
4. C. Sauvageau : Observations relatives à la sexualité des Phéosporées. *Journal. de Bot.*, t. X, 1896, et XI, 1897. — Sur l'*Acinetospora pusilla* et la sexualité des Tiloptéridées. *C. R.*, t. CXXVI, 16 mai 1898.

organes de multiplication végétative, des boutures, des propagules, et que les monosporanges ne sont que des pseudosporanges.

Si on laisse de côté les pseudosporanges, il reste donc comme appareils reproducteurs connus chez les Tiloptéridées les organes suivants : chez *Tilopteris* et *Haplospora* des organes pluriloculaires qui sont ou qui peuvent être des anthéridies dont les anthérozoïdes sont sans emploi, chez l'*Acinetospora pusilla* des sporanges pluriloculaires asexués et des sporanges uniloculaires, représentant probablement des oogones à oosphères motiles sans emploi, et, chez l'*Acinetospora Vidovichii*, des sporanges uniloculaires qui sont sans doute aussi des oogones dont les oosphères motiles ne seront jamais fécondées. Il resterait à découvrir les oogones des *Tilopteris* et des *Haplospora* et les anthéridies des *Acinetospora*. On voit, par les lacunes que présente l'histoire de leur reproduction, combien est fragile le caractère invoqué par Thuret pour créer l'ordre des Tiloptéridées. Les recherches ultérieures ont cependant justifié le maintien de ce groupe où les propagules internes, inconnues chez les autres Algues brunes, sont caractéristiques. Elles ont montré, en outre, qu'on ne doit pas placer les Tiloptéridées à côté des Fucacées, comme on le faisait en se basant sur la non motilité des prétendues oosphères ; elles se rapprochent plutôt des Cutlériacées par les genres *Tilopteris* et *Haplospora* et des Ectocarpées par les *Acinetospora*.

III. — Phéosporées vraies

Les Phéosporées vraies constituent la tribu de Phéosporées la plus nombreuse en genres et en espèces. On y a distingué, d'après la conformation du thalle, et uniquement pour simplifier, les affinités des groupes étant incomplètement connues, quatre familles : les **Ectocarpées** à thalle filamenteux (*Ectocarpus*, *Desmaretia*, *Elachistea*, etc...), les **Sphacélariées** à thalle massif à croissance terminale (*Sphacelaria*, *Cladostephus*, *Halopteris*, etc...), les **Punctariées** à thalle massif à croissance superficielle uniforme (*Punctaria*, *Phyllitis*, *Scytosiphon*, *Colponenia*, *Asperococcus*, etc...), les **Laminariées** à thalle massif à croissance intercalaire (*Laminaria*, *Saccorhiza*, *Alaria*, *Macrocystis*, *Lessonia*, *Undaria*, etc...). Mais en réalité les Sphacélariées et les Laminariées sont seules des familles naturelles et bien limitées ; les Punctariées et surtout les Ectocarpées sont des groupes très hétérogènes correspondant l'un et l'autre à de nombreuses familles. Les organes reproducteurs des Phéosporées vraies sont constitués, on le sait déjà, par deux sortes de sporanges, les uns uniloculaires et les autres pluriloculaires. Quelques Phéosporées ne possèdent qu'une seule sorte de sporanges, soit des sporanges uniloculaires, comme les Laminaires et les *Asperococcus*, soit des sporanges pluriloculaires, comme les *Scytosiphon* et les *Phyllitis*. Mais dans le plus grand nombre de Phéosporées vraies on connaît dans la même espèce les deux sortes de sporanges, tantôt portés par des individus différents (*Cladostephus*) tantôt développés sur le même thalle à des époques différentes ou simultanément. Les uns et les autres conservent, d'ailleurs, dans les diverses familles, une physionomie à tel point comparable que si, dans l'une d'elles, on démontrait que la reproduction sexuelle est dévolue à l'une des sortes de sporanges, il paraîtrait légitime d'étendre les conclusions aux familles voisines. Aussi, lorsque Goebel et Berthold eurent annoncé que, chez quelques Phéosporées, ils avaient observé une isogamie entre gamètes motiles, issus des sporanges pluriloculaires, on regarda l'isogamie comme le caractère de cette tribu et les sporanges pluriloculaires furent considérés comme des gamétanges, les sporanges uniloculaires étant réservés à la reproduction asexuée. Or les travaux récents ont montré qu'il était impossible de généraliser cette conception et il se trouve aujourd'hui que l'isogamie est l'attribut le plus discuté des Phéosporées vraies.

D'abord, en ce qui concerne les observations faites par Goebel [1] en 1878, sur l'*Ectocarpus globifer* et le *Giraudya*, chez lesquels il existerait une copulation entre gamètes motiles issus des sporanges pluriloculaires, il paraît certain que l'auteur a eu affaire à des zoospores insuffisamment séparées et non accolées par la copulation ; la méprise est facile, si les sporanges mis en observation ne sont pas entièrement mûrs ou si, par suite de conditions défavorables, la segmentation du contenu des sporanges est incomplète. Les observations de Berthold [2], faites à Naples sur l'*Ectocarpus siliculosus* et le *Scytosiphon Lomentaria* et publiées en 1881, sont beaucoup plus précises ; elles servent de point d'appui à la théorie actuelle de l'isogamie entre un gamète en mouvement et un gamète qui vient de s'arrêter, ce qui est en réalité un mode intermédiaire entre l'isogamie et l'hétérogamie. Sauvageau [3] a vu également à Guéthary, chez l'*Ectocarpus*

1. Goebel : *Loc. cit.*, 1878. En réalité, l'espèce étudiée par Gœbel n'était pas l'*Ectocarpus globifer*, comme il le croyait, mais l'*E. pusillus*, nommé depuis *Acinetospora pusilla*.

2. G. Berthold : *Loc. cit.*, 1881.

3. C. Sauvageau : Observations relatives à la sexualité des Phéosporées. *Journ. de Bot.*, t. X et XI, 1896 et 1897.

siliculosus, la copulation se produire entre zoospores issues des sporanges pluriloculaires; mais, contrairement à Berthold qui signale l'isogamie comme un phénomène fréquent, Sauvageau ne l'a observée qu'exceptionnellement et il se demande si cette sexualité ne varie pas suivant les localités et les saisons. Oltmanns[1], après avoir nié chez l'*Ectocarpus siliculosus* l'existence d'une isogamie qu'il n'avait pu constater dans la mer Baltique, a confirmé sa réalité en 1899 après les études qu'il entreprit à Naples. Mais d'autres observateurs ont cherché vainement l'isogamie dans cette espèce et les espèces voisines. Déjà, en 1874, avant l'affirmation de Goebel et le travail devenu classique de Berthold, on s'était demandé si les zoospores des Phéosporées ne pourraient être des gamètes isogames comme on venait de le constater chez certaines Algues vertes, en particulier chez l'*Ulothrix*, et d'excellents observateurs, de Janczewski et Rostafinski[2], avaient nié l'existence de l'isogamie chez les Phéosporées et notamment chez l'*Ectocarpus siliculosus*. En 1883, de Janczewski[3] n'a pu retrouver l'isogamie chez le *Scytosiphon*, ni la constater chez le *Colpomenia sinuosa*, l'*Ectocarpus Sandrianus* et l'*E. simpliciusculus*. Kuckuck[4], en 1895, n'a observé la copulation ni chez l'*Ectocarpus siliculosus*, ni chez les espèces voisines, et il proteste contre le nom de gamétanges donné aux sporanges pluriloculaires; toutefois, plus récemment, en 1898, il a observé des copulations accidentelles chez le *Scytosiphon Lomentaria*[5]. En 1894, Sauvageau[6] a suivi les zoospores de l'*Ectocarpus tomentosus* sans les voir jamais copuler et, en 1895, il a observé la déhiscence des sporanges pluriloculaires de plusieurs espèces, *E. virescens*[7], *E. fasciculatus*, *E. irregularis*, *E. confervoides*, *E. simplex*, *E. Hincksiae*, sans jamais observer l'union des zoospores qui germent d'elles-mêmes. Ainsi, parmi les nombreuses Phéosporées vraies, il n'y a que l'*Ectocarpus siliculosus* et le *Scytosiphon Lomentaria* où l'on puisse admettre l'existence de l'isogamie, et encore n'y est-elle pas un fait constant. C'est pourquoi, malgré que cette désignation soit parfois inexacte et contradictoire, les auteurs continuent à appeler sporanges pluriloculaires, avec Thuret, les organes reproducteurs cloisonnés dont les éléments se comportent ou peuvent se comporter comme des zoospores. Dans tous les cas, l'isogamie ne saurait être considérée comme un attribut général des Phéosporées vraies.

En revanche, l'hétérogamie est incontestable chez nombre de Phéosporées vraies. Sans insister sur les travaux de Mlle Karsakoff[1] qui a décrit, dans les *Myriotricha*, une conjugaison entre gamètes inégaux issus de deux sortes de sporanges pluriloculaires, parce que ses observations sont sujettes aux mêmes critiques que celles de Goebel, il n'en reste pas moins que les phénomènes se compliquent singulièrement chez certains *Ectocarpus* où, outre les sporanges uniloculaires, il y a deux sortes d'organes pluriloculaires semblables de forme extérieure, mais de logettes petites ou grandes. Lorsque des petites logettes sortent des éléments motiles munis d'un point rouge, tout à fait semblables aux anthérozoïdes de *Fucus* ou de *Cutleria*, on peut en conclure sans hésitation que ces éléments sont aussi des anthérozoïdes et que les organes qui les renferment sont des anthéridies. Mais les cas sont variés. Ainsi l'*Ectocarpus virescens*, espèce décrite par Thuret, et qui constitue d'élégantes touffes jaunâtres sur les rochers ou sur d'autres Algues, possède des sporanges uniloculaires et pluriloculaires. Sauvageau a montré qu'il y a deux sortes de sporanges pluriloculaires, les uns à grandes logettes, les autres à petites logettes, fournissant les premiers de grosses zoospores et les seconds des petites; les unes et les autres pourvues de chromatophores germent facilement et ne copulent jamais entre elles. On ne voit donc pas leur signification. Existait-il autrefois des anthéridies qui ont disparu? Si oui, quelles étaient les zoospores jouant le rôle de gamètes femelles?

Mais l'argument décisif en faveur d'une hétérogamie réelle ou probable est fourni par la présence d'anthéridies chez quelques Phéosporées vraies. L'existence des anthéridies fut signalée pour la première fois par de Janczewski[2] en 1875 et elles furent seulement décrites en 1878 par Bornet[3]. Il s'agit d'ailleurs de deux espèces

1. F. Oltmanns : Ueber die Sexualität der Ectocarpeen. *Flora*. vol. LXXXV, 1899.

2. De Janczewski et Rostafinski : Observations sur quelques Algues possédant des zoospores dimorphes. *Mém. de la Société des Sc. nat. de Cherbourg*, t. XVIII, 1874.

3. Ed. de Janczewski : Note sur la fécondation du *Cutleria adspersa* et les affinités des Cutlériées. *Ann. des Sc. nat., Bot.*, 6e série, vol. XVI, 1883.

4. P. Kuckuck : Ueber Schwärmsporenbildung bei den Tilopteriden und über *Choristocarpus tenellus*. *Jahrb. f. wiss. Bot.*, t. XXVIII, 1895.

5. Id. : Ueber die Paarung von Schwärmsporen bei *Scytosiphon*. *Ber. deutsch. Bot. Ges.*, vol. XVI, 1898.

6. C. Sauvageau : Note sur l'*Ectocarpus tomentosus* Lyngbie. *Journ. de Bot.*, t. IX, 1895.

7. Id. : Sur l'*Ectocarpus virescens* Thuret et ses deux sortes de sporanges pluriloculaires. *Journ. de Bot.*, t. VI, 1896.

1. N. Karsakoff : Quelques remarques sur le genre *Myriotrichia*. *Journ. de Bot.*, t. VI, 1892.

2. De Janczewski : Observations sur l'accroissement du thalle des Phéosporées. *Mém. de la Soc. nation. des Sc. nat. de Cherbourg*, t. XIX, 1875.

3. Bornet et Thuret : Etudes phycologiques. Paris, 1878.

d'*Ectocarpus*, *E. secundus* et *E. Lebelii*. En 1892, Bornet[1] fit connaître l'existence d'anthéridies chez une troisième espèce, l'*E. fenestratus*. L'*E. secundus* est une petite forme croissant en épiphyte sur diverses Algues et en particulier sur le *Saccorhiza bulbosa*. Il présente de vraies anthéridies pluriloculaires et d'autres organes pluriloculaires qui sont de vrais oogones, car Sauvageau[2] a pu assister à la fécondation et en suivre les diverses phases. Souvent les oosphères qui ne sont pas fécondées périssent au lieu de germer par parthénogenèse. Cependant, quand la saison avance, les anthéridies diminuent de nombre et même disparaissent, et les oosphères semblent perdre leur sexualité pour prendre le caractère de zoospores. L'*Ectocarpus Lebelii*, qui forme de petites touffes dont la base pénètre dans le thalle spongieux des *Codium*, possède aussi des anthéridies et des sporanges pluriloculaires qui sont probablement des oogones; mais Sauvageau n'a jamais vu de fécondation ni de zygote laissant supposer l'existence d'une fécondation. Cependant, tandis que certaines zoospores germent directement, d'autres se détruisent comme les oosphères non fécondées de l'*E. secundus*. On en pourrait conclure que leur caractère sexuel n'est pas complètement perdu et que la copulation doit s'effectuer en une autre saison. L'*Ectocarpus Padinae*, espèce minuscule épiphyte sur une Dictyotée ubiquiste, le *Padina Pavonia*, possède, ainsi que l'a établi Sauvageau, trois sortes d'organes pluriloculaires, des anthéridies, des sporanges à petites logettes ou méiosporanges et des sporanges à grandes logettes ou mégasporanges. Dans le cas où la fécondation se produirait, on ne peut savoir si elle s'exercerait sur les méiospores ou sur les mégaspores.

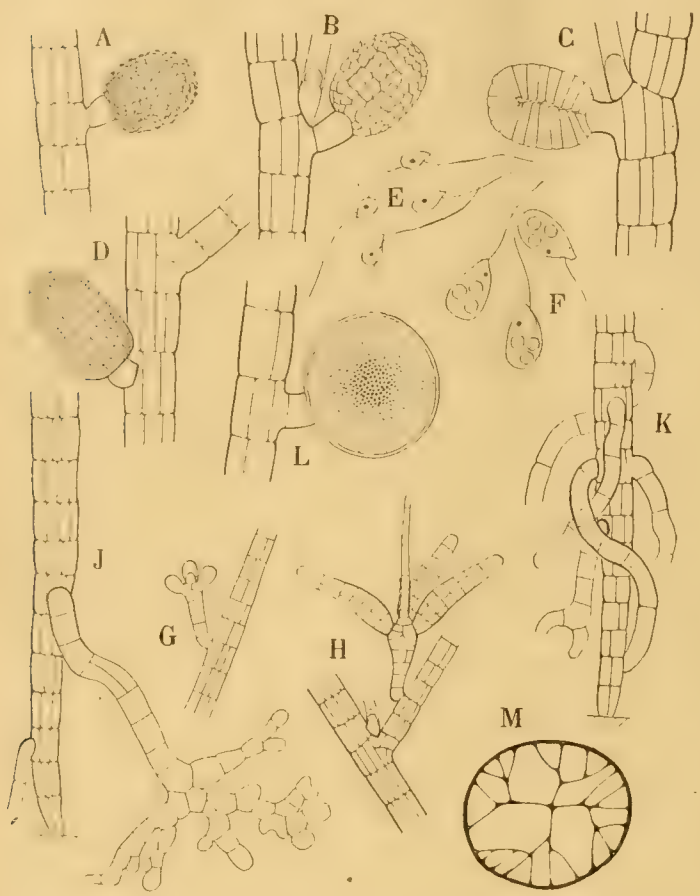


Fig. IV. — *Sphacelaria Hystrix*. — A, B, C (gr. 200), sporanges pluriloculaires qui sont probablement des oogones donnant des oosphères F (gr. 660); D (gr. 200), anthéridie donnant des anthérozoïdes E (gr. 660); G, H (gr. 80), propagule jeune et propagule adulte; J, K (gr. 150), rhizoïdes naissant de la portion inférieure d'un filament dressé; M (gr. 200), coupe transversale d'un individu à propagules; L (gr. 200), sporange uniloculaire d'une espèce voisine *Sph. bipinnata*. (D'après C. Sauvageau.)

Une semblable variation de la reproduction dans un même genre *Ectocarpus*, qui paraît bien homogène par ses caractères végétatifs, reste si surprenante que l'algologue anglais Batters[1], qui d'ailleurs n'avait point étudié les *Ectocarpus* hétérogamiques, crut devoir créer pour ceux-ci le genre *Giffordia*. Mais cette tentative paraît prématurée; il y a tellement de cas différents chez les *Ectocarpus* que ce n'est pas un, mais plusieurs genres qu'il faudrait y créer; il vaut mieux conserver ce genre tel qu'il est jusqu'à ce que l'on comprenne un peu mieux les énigmes de sa reproduction.

Si le lecteur s'étonne de ces lacunes, de ces incertitudes, du manque apparent de suite dans les observations, il ne doit point oublier que nos connaissances sur de tels sujets ne peuvent progresser que d'une manière interrompue et oscillante. La tâche est semée de difficultés ; il y faut une initiation longue à acquérir, il faut savoir distinguer les espèces et savoir où les trouver, il faut attendre souvent longtemps qu'un hasard heureux fasse naître l'occasion d'une observation décisive. C'est qu'en effet, si les formes des

1. Ed. Bornet. Note sur l'*Ectocarpus fenestratus* Berk. *Ann. of Bot.*, t. VI, 1892.

2. C. Sauvageau : Observations relatives à la sexualité des Phéosporées. *Journ. de Bot.*, t. X, 1896, et t. XI, 1897.

1. E. A. Batters : On the necessity for removing *Ectocarpus secundus* Kütz. to a new genus. *Ann. of Bot.*, t. VI, p. 148, 1892.

organes reproducteurs sont à peu près connues parce qu'elles peuvent être étudiées sur des matériaux conservés, il n'en va pas de même de leurs fonctions qui ne peuvent être déterminées que sur le vivant aux époques et dans les circonstances favorables, ces deux conditions étant pour le moment loin d'être suffisamment précisées.

Les Sphacélariées, à l'inverse des Ectocarpées, constituent une famille vraiment naturelle à cause de la structure de leur thalle qui s'accroît en longueur par le cloisonnement d'une cellule terminale ou sphacèle. Et cependant leur mode de reproduction est presque aussi varié que celui des *Ectocarpus*. Nos connaissances sur leur sexualité sont entièrement dues aux recherches poursuivies sans relâche par Sauvageau [1] de 1898 à 1914. On sait depuis longtemps qu'il y a aussi dans les plantes de cette famille des sporanges uniloculaires et des sporanges pluriloculaires. Chez le *Cladostephus verticillatus*, espèce très commune à basse mer sur les rochers de nos côtes, ces organes sont portés par des individus distincts, mais identiques dans leur forme ; les zoospores se ressemblent et, malgré de nombreux essais, Sauvageau n'a jamais pu observer la moindre copulation ; la germination est toujours directe. Or, par des cultures de longue haleine, et c'est la seule Phéosporée pour laquelle l'expérience ait été réalisée, Sauvageau a pu obtenir des plantules assez grandes et identiques provenant des deux sortes de zoospores. Les deux sortes de zoospores jouent donc exactement le même rôle. Ces cultures étaient intéressantes à un autre point de vue, car le *Cladostephus* est le genre le plus différencié de la famille ; or les plantules figurèrent d'abord un *Sphacelaria*, puis un *Halopteris* et finalement un *Cladostephus*. Ces résultats donnent des indications phylogéniques, mais malheureusement isolées.

Le *Sphacelaria Hystrix*, petite plante parasite fixée sur le *Cystoseira ericoides*, jolie algue iridescente commune à basse mer sur nos côtes, a des sporanges uniloculaires et des organes pluriloculaires de deux sortes ; les uns sont sûrement des anthéridies (fig. IV, D et E), les autres probablement des oogones à oosphères motiles (fig. IV, A, B, C, F), mais Sauvageau n'a jamais pu obtenir de fécondation. Il n'a pas réussi davantage à faire germer les oosphères ; toutefois, les conditions défectueuses dans lesquelles les expériences ont été faites ne permettent à cet égard aucune conclusion ferme. Un fait intéressant est que le *Sphacelaria Hystrix* possède en outre, et en abondance, des propagules à trois branches (fig. IV, G, H) qui se produisent à une autre saison que les organes uniloculaires et pluriloculaires et germent très facilement. L'*Halopteris filicina*, où il n'y a pas de propagules, présente les mêmes caractères que le *Sphacelaria Hystrix*. Sur des exemplaires d'herbier, Sauvageau a pu montrer aussi que diverses Sphacélariées exotiques ont des oogones et des anthéridies avec des modalités diverses.

Mais le cas le plus curieux est celui de l'*Halopteris scoparia*, autrefois nommé *Stypocaulon scoparium*, qui est peut-être l'algue la plus ubiquiste et la plus répandue sur les côtes d'Europe. On connaissait depuis très longtemps ses sporanges uniloculaires ; Sauvageau avait étudié la germination des zoospores et suivi le développement des plantules, mais il avait vainement cherché les organes sexués qui restaient inconnus. Il y a une dizaine d'années, les hasards d'une promenade à Biarritz lui permirent de récolter sur la grève des touffes rejetées de cette plante qu'il devina fructifiées et dont il emporta une vingtaine, sans précaution, pour les examiner à Bordeaux. Or, toutes avaient des sporanges, sauf un unique exemplaire où les sporanges uniloculaires étaient remplacés par des organes pluriloculaires dont les uns étaient sûrement des anthéridies et les autres probablement des oogones qui lui ont paru renfermer une unique et volumineuse oosphère. Les nombreuses recherches que Sauvageau a depuis entreprises en toute saison et en tous pays pour retrouver d'autres individus sexués sont restées sans résultat.

On le voit, la variation la plus grande règne dans les procédés de reproduction des Phéosporées ; à côté de la multiplication asexuée, on y trouve tous les modes de reproduction : isogame, hétérogame et parthénogénétique. Il n'est pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances, de préciser les rapports des divers groupes de cette sous-classe et de dresser leur arbre généalogique. Comme le pense de Janczewski [1], les Phéosporées constituent un groupe très ancien dont les représentants primitifs ont disparu ou sont inconnus ; on n'a sous les yeux que les sommets des rameaux phylétiques, constitués par de nombreuses familles contenant peu de genres ou même un seul genre. Leurs affinités nous échappent faute de documents.

Dans une seconde partie, nous étudierons la question de la reproduction chez les Laminaires.

F. Péchoutre,
Professeur au lycée Louis-le-Grand.

1. C. Sauvageau : . Sur la sexualité et les affinités des Sphacélariées. *C. R.*, vol. CXXVI, 1898, et Remarques sur les Sphacélariées, 634 pages, 128 fig., Bordeaux, 1900-1914, Féret et fils édit.

1. Ed. de Janczewski : Observations sur l'accroissement du thalle des Phéosporées. *Mémoires de la Soc. nation. des Sc. nat. de Cherbourg*, t. XIX, 1875.

LA RADIOGRAPHIE RAPIDE

Ce qui fait la valeur d'une image radiographique, ce qui la rend précieuse pour le diagnostic, c'est la précision de ses contours, la netteté de ses détails, et ces conditions ne sont réalisées que si le sujet garde une immobilité absolue pendant toute la durée de la pose. Dans les débuts de l'application des rayons X, c'était là une grande difficulté, car le temps exigé par l'irradiation se comptait par minutes, et même par quarts d'heure. Quelques opérateurs avaient bien réussi à abréger notablement l'exposition, et M. Meslin, à Montpellier, avait même obtenu, dès 1896, des clichés en 4 secondes ; mais ces résultats exceptionnels étaient dus à l'emploi de tubes où le vide était poussé à l'extrême limite, au delà de laquelle la décharge électrique cesse de passer. Les rayons très durs émis dans de semblables conditions exercent sur le gélatinobromure d'argent une action très énergique, mais ne sont pratiquement applicables qu'aux sujets présentant de grandes oppositions : si l'on voulait ainsi reproduire un organe offrant de moindres contrastes, un rein par exemple, on n'aurait qu'une image voilée, sans détails, dépourvue de tout intérêt documentaire.

Il s'agissait donc de réduire la pose sans exagérer la dureté du tube. En même temps que les constructeurs d'ampoules radiogènes les rendaient aptes à supporter de plus fortes décharges, les fabricants de plaques amélioraient leurs émulsions, si bien qu'actuellement, dans les applications courantes de la radiologie médicale, on prévoit environ 12 à 15 secondes de pose par centimètre d'épaisseur de l'organe radiographié à l'aide d'une ampoule éloignée à 40 ou 50 centimètres du patient et émettant un rayonnement moyen, avec une intensité de 1 milliampère.

I. — TUBES RADIOGÈNES A GRANDE INTENSITÉ

En augmentant l'intensité, on abrège l'opération ; mais un tube ordinaire serait mis promptement hors d'usage par l'échauffement excessif des électrodes soumises à des décharges violentes et prolongées. La radiographie intensive exige donc un matériel spécial. La figure 1 représente une ampoule dont l'anticathode est renforcée par des armatures de platine et montée sur un bloc de fer massif relié à un tube de même métal. La chaleur dégagée au foyer anticathodique se répartit dans toute la masse métallique, et la température ne peut ainsi atteindre un degré trop élevé. Pour empêcher la pulvérisation du fer sous l'action des rayons cathodiques, on l'a recouvert d'un enduit d'émail chauffé au rouge.

Les mêmes dispositifs ont été appliqués à la soupape cathodique (fig. 2) destinée à supporter de fortes intensités.

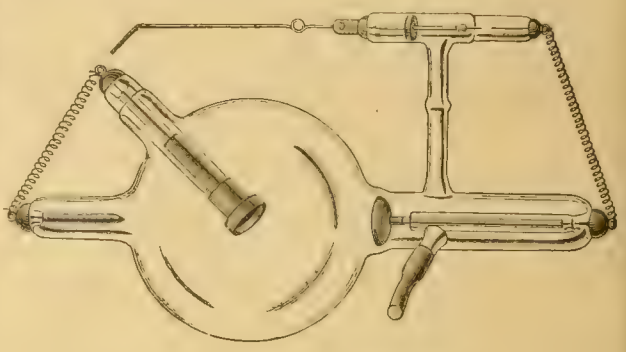


Fig. 1. — *Tube à anticathode renforcée.*

Dans le modèle reproduit par la figure 3, l'anode est formée d'un tube métallique portant d'un côté, en regard de la cathode, un disque de platine. L'extrémité extérieure est entourée d'un radiateur à ailettes, grâce auquel la température ne dépasse pas 200 degrés.

On se sert aussi d'anticathodes refroidies par

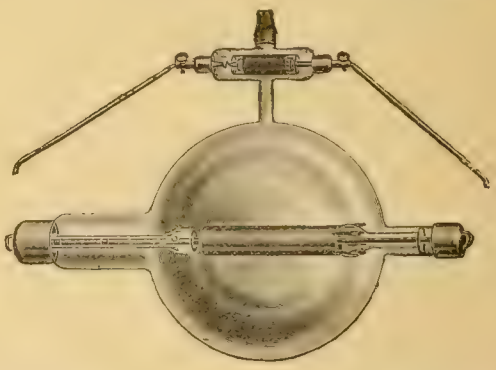


Fig. 2. — *Soupape cathodique pour radiographie intensive.*

l'eau. L'anode, en cuivre massif, est en contact, par son prolongement extérieur, avec un double réservoir à eau, mobile dans tous les sens, de façon que la vapeur s'échappe sans que le liquide s'écoule, quelle que soit la position du tube.

Enfin, M. L. Zehnder a construit des tubes radiogènes en métal[1]. La cathode, en magnésie recouverte de tungstène, est portée par un bloc de porcelaine qui l'isole des parois métalliques servant d'anode et de l'anticathode. Une petite fenêtre, en verre ou en aluminium, laisse passer

1. V. la *Revue*, 15 avril 1915, p. 197.

le faisceau de rayons X. Même aux vides les plus élevés, ce mode de construction permet de produire des radiations d'une dureté quelconque, avec la plus forte intensité.

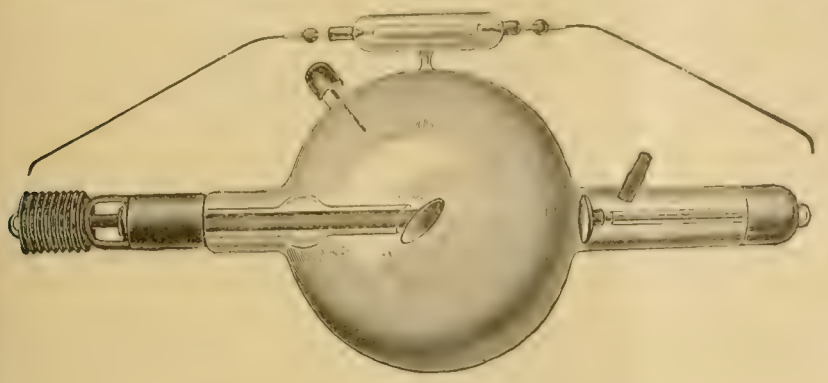


Fig. 3. — *Tube avec refroidisseur à ailettes.*

II. — Ecrans renforçateurs

Le temps de pose a pu être réduit encore, en faisant usage d'écrans renforçateurs. L'émulsion est mise en contact avec une substance fluorescente, telle que le tungstate de calcium, qui transforme les rayons X en radiations bleu violacé très actiniques. Pour assurer un contact parfait entre la surface fluorescente et la surface sensible, l'écran et la plaque photographique sont serrés dans un châssis spécial à ressorts, avec intermédiaires permettant d'utiliser divers formats.

Le gain de rapidité que procurent les écrans actuels est remarquable. M. Nogier estime que, d'une façon générale, avec des rayons demi-mous (n° 5 de Benoist) et pour des régions de moyenne épaisseur, jusqu'à 12 centimètres, le temps de pose doit être divisé par 40. S'il s'agit de sujets très obèses ou de régions du corps très épaisses, comme le bassin ou l'abdomen, la réduction de pose serait de 1/25. M. Massiot indique qu'en divisant le temps normal de pose par un chiffre compris entre 10 et 20, suivant l'épaisseur du sujet, on obtient les meilleurs résultats.

Les fabricants de plaques se sont ingéniés à préparer des émulsions possédant une grande sensibilité pour les radiations émises par les écrans renforçateurs. Les plaques radiographiques actuellement préparées dans les usines de MM. Lumière se comportent comme des plaques photographiques ordinaires, lorsqu'on les emploie sans écran ; mais leurs avantages se manifestent dès qu'on les utilise avec un écran : dans ce cas, elles sont trois ou quatre fois plus sensibles que les autres plaques exposées dans les mêmes conditions.

Malheureusement, les écrans renforçateurs ont le grave inconvénient d'altérer la netteté des images. On le remarque peu, dans les radiographies de régions épaisses, qui sont toujours floues : la présence de l'écran ne les rend pas beaucoup moins nettes, tout en permettant de poser beaucoup moins. Mais il en est tout autrement lorsqu'on radiographie des os qui révèlent habituellement beaucoup de détails sur leur structure interne : un talon, par exemple, sera beaucoup moins net lorsqu'on fait usage d'un écran renforçateur que sans écran.

III. — Méthode « Eclair »

Les procédés précédents sont encore insuffisants, dans bien des cas. Les mouvements circulatoires du sang, en particulier, exigent des poses plus réduites. Si l'on veut reproduire le cœur ou l'aorte, l'exposition doit être très inférieure à 1/10 de seconde. Les moindres vibrations fonctionnelles suffisent à brouiller, à fondre des contours légers qu'une immobilité absolue laisserait se dessiner, et une lésion peu accusée projette une ombre à peine distincte de celle des tissus environnants. En pareil cas, une netteté parfaite demanderait un temps de pose de l'ordre du centième de seconde. Pour obtenir aussi rapidement une impression assez vigoureuse, on savait bien qu'il suffirait de substituer aux nombreuses décharges qui se succèdent dans le tube radiogène une décharge unique, mais si intense qu'elle développe une énergie égale à la somme des énergies des décharges utilisées d'ordinaire ; seulement, cette décharge intense semblait devoir nécessiter un générateur d'électricité beaucoup plus puissant que ceux dont on se sert habituellement et capable de mettre immédiatement hors d'usage les tubes les plus robustes.

Il n'en est rien : la méthode « Eclair », de M. Dessauer, permet d'obtenir des images très nettes, en 1/100 et même en 1/500 de seconde, sans écran renforçateur, en utilisant la bobine de Ruhmkorff couramment employée dans les installations radiologiques, ainsi que l'un des tubes décrits plus haut. L'innovation consiste à remplacer l'interrupteur rapide du circuit inducteur par un petit morceau de fil fin, et à faire usage d'un courant assez intense pour le volatiliser immédiatement. Ce fil, en cuivre ou en argent,

est exactement calibré pour être porté au rouge par une intensité de 1 ampère, et pour fondre à 3 ampères. Or, l'appareil est réglé de façon que l'intensité atteigne 60 à 70 ampères : dans ces conditions, aussitôt que le circuit est fermé, le fil est instantanément gazéifié. Afin d'éviter tout accident, on a soin de l'enfermer dans un petit étui de verre rempli de sable, auquel l'inventeur a donné le nom de *cartouche*, bien que la destruction du fil s'accomplisse sans explosion et presque sans bruit.

La figure 4 donne une idée de la disposition du matériel. Le circuit à basse tension du transformateur J est relié au générateur d'électricité *q* et se ferme par l'interrupteur S. Le passage du courant volatilise le fil fin contenu dans la cartouche P, aux bornes de laquelle est dérivé un condensateur E.

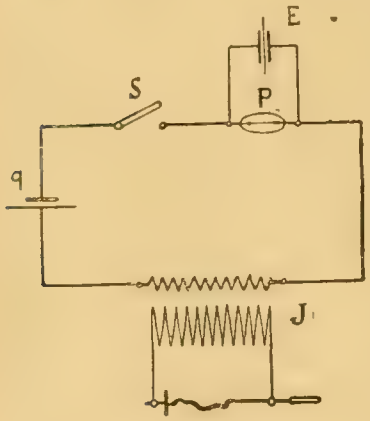


Fig. 4. — *Schéma de fonctionnement de l'appareil « Eclair ».*

Les cartouches sont construites en plusieurs calibres, suivant l'épaisseur de l'objet à radiographier, de sorte que l'opérateur n'a pas à se préoccuper de l'évaluation du temps de pose.

Dans les procédés radiographiques usuels, l'intensité de la décharge éclatant à l'intérieur de l'ampoule était généralement comprise entre 1 et 10 milliampères : ici, elle s'élève à 250 et même à 400 milliampères. Néanmoins, en raison de son extrême brièveté, elle n'abîme ni le tube ni le circuit secondaire de la bobine. Le circuit primaire ne risque pas davantage d'être endommagé, malgré la surcharge momentanée qu'il doit supporter, car le fil fin de la cartouche joue le rôle d'un excellent coupe-circuit de sûreté : le courant inducteur s'élève parfois à 100 ampères, dans une canalisation prévue pour 40 ampères au plus ; mais il est brusquement arrêté, 1/20 de seconde après la fermeture du circuit, et cet intervalle est trop court pour que les conducteurs aient le temps de s'échauffer sensiblement.

Dans l'état actuel du procédé Eclair, on obtient d'excellentes radiographies du thorax, du cœur, de l'estomac et des intestins, en 1/500 de seconde, sans écran. Pour les radiographies du crâne, il est encore nécessaire de recourir à l'écran renforçateur.

La même méthode a été appliquée à la cinéma-radiographie. Un certain nombre de plaques sont disposées horizontalement et tournent successivement autour d'un axe pour prendre, l'une après l'autre et à des intervalles déterminés, la position verticale. Il y a autant de cartouches coupe-circuits que de plaques à impressionner, et chaque plaque, en tombant, ferme le circuit de l'une des cartouches : un éclair jaillit dans l'ampoule radiogène, et la plaque exposée passe dans la boîte inférieure. L'intervalle qui sépare deux images est réglé suivant la rapidité des mouvements à analyser : pour l'estomac et les intestins, il suffit d'impressionner une ou deux plaques par seconde ; mais cette vitesse devient insuffisante quand il s'agit d'étudier les battements du cœur, et il faut alors exécuter au moins cinq radiographies par seconde.

Ernest Coustet.

L'ORGANISATION SCIENTIFIQUE DU COMMERCE ALLEMAND[1]

Lorsqu'on envisage dans leur ensemble les transformations économiques contemporaines, on est frappé de l'importance que le commerce a prise aujourd'hui dans la vie de l'humanité. Le commerce, que certains aristocrates de la pensée se plaisaient jadis à reléguer parmi les besognes grossières, apparaît non seulement comme un facteur du progrès matériel, mais aussi comme un facteur du progrès intellectuel et moral. L'observation prouve qu'il fait circuler les idées en même temps que les marchandises. Il attache les hommes les uns aux autres par des liens très puissants. C'est une grande force pour un pays d'avoir à sa disposition des commerçants actifs, intelligents et instruits.

Les Allemands ont compris mieux que nous ces vérités. Très ambitieux, très âpres au gain, — la rapacité est un des principaux traits du caractère germanique — ils ont pensé qu'une organisation scientifique du commerce devait

1. Cet article a été écrit en réponse à notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* Voir les précédentes réponses dans les numéros de la *Revue* parus depuis le 15 mars 1916.

compléter l'organisation scientifique de la production. Ils ont pensé surtout que le développement des relations commerciales les aiderait à devenir une puissance aussi redoutable sur le terrain économique que sur le terrain militaire et à réaliser plus aisément leurs projets de domination et de conquête. C'est par le commerce qu'ils se sont habilement installés en pleine paix au cœur des pays qu'ils voulaient asservir.

Les aptitudes commerciales des Allemands ne sont pas nouvelles. Déjà au temps de la Ligue Hanséatique et des villes impériales, ils s'étaient révélés comme d'habiles négociants. Beaucoup d'Allemands ont, au cours du XIXe siècle, offert leurs services comme commis-voyageurs à d'autres nations, et sont devenus d'utiles intermédiaires entre celles-ci et leur patrie. Le jour où l'industrie allemande est devenue assez forte pour vendre au dehors, elle a trouvé des hommes préparés à faire de la propagande pour les produits allemands dans des régions où ceux-ci étaient jusqu'alors inconnus.

Convaincus que le commerce est une science, une science qui demande à être étudiée, une science qui a des lois et des méthodes, les Allemands ont cherché à introduire dans leur outillage commercial le même esprit scientifique que dans les autres matières.

Cette préoccupation se manifeste aussi bien dans le commerce intérieur que dans le commerce extérieur. Elle apparaît notamment dans l'organisation des chemins de fer. Ainsi on a conservé aux divers Etats une certaine indépendance dans l'administration de leurs chemins de fer, mais on a réalisé en même temps une grande unité. Une commission spéciale, qui siège à Berlin, étudie les moyens de faciliter le transport des marchandises et de mettre à la disposition des producteurs un grand nombre de wagons.

On a donné aussi au commerce par voie d'eau une grande extension. Ayant minutieusement étudié le régime de leurs fleuves, les Allemands ont constaté que leur débit pouvait être facilement régularisé, et ils ont concentré leurs ressources sur quelques artères bien choisies. Dans la plupart des grandes villes se sont constituées des sociétés nautiques, qui se sont efforcées de faire comprendre aux populations les services que les cours d'eau peuvent rendre à l'industrie et au commerce.

La lecture des rapports du *Centralverein für Hebung der Fluss-und Schifffahrt* est fort instructive. On a donné un grand développement à une batellerie, de construction peu coûteuse, qui charge les marchandises devant l'usine, et les conduit dans les ports, où elles sont commodément chargées sur les gros navires en partance pour l'étranger. L'étude des ports intérieurs de l'Allemagne, tels que Ruhrort et Duisbourg, Düsseldorf et Cologne, Mannheim et Strasbourg, Francfort, Magdebourg, Dresde, Breslau, est très suggestive. L'industrie s'est prodigieusement développée le long des fleuves et des canaux. Les matières premières et le combustible sont amenés à bon marché dans tout l'Empire. Et les produits fabriqués, surtout les produits lourds, qui ne requièrent pas célérité, sont conduits soit à l'étranger, soit dans les ports de mer, dans des conditions telles que le transport augmente peu le prix de vente, ce qui leur permet de soutenir la concurrence avec les articles similaires fabriqués à l'étranger. On estime aujourd'hui que le quart du commerce intérieur de l'Allemagne peut se faire par voie d'eau. Hambourg, pour ne citer que cet exemple, est devenu le débouché, non seulement de la région saxonne, mais de la plus grande partie de la Bohême. Et on a mieux compris en Allemagne que chez nous que la voie d'eau et la voie ferrée doivent se prêter un mutuel appui. La coexistence de la batellerie et des chemins de fer a opéré une sorte de classement des marchandises, elle a permis d'éviter l'encombrement périodique des voies ferrées, à certaines époques de l'année. La voie d'eau a remplacé les chemins de fer pour les matières lourdes pouvant supporter de longs délais : elle a été par suite un auxiliaire, non une ennemie [1].

Les Allemands ont pensé que toutes les combinaisons qui ont pour but de faciliter les échanges ajoutent à la puissance du travail social et à la prospérité du pays.

Le développement du commerce extérieur met en lumière plus encore que celui du commerce intérieur, le prodigieux effort du peuple allemand pour acquérir la puissance et la richesse.

Ce développement a eu des causes diverses.

Comme le faisait judicieusement remarquer un jour M. Pingaud, notre consul à Düsseldorf, l'énorme accroissement des importations et des exportations s'explique avant tout par le développement de la population qui, depuis 1871, a augmenté de plus de 53 %.

Il faut remarquer, en outre, qu'il y a eu une transformation de la population, en ce sens que l'Allemagne, qui avait été pendant longtemps un pays surtout agricole, est devenue un pays essentiellement industriel. La population agricole, qui formait il y a un siècle 80 % de la population totale, n'en forme plus que 28 ou 29 %. Cette évo-

1. Les considérations que M. Schwob a présentées dans cette *Revue* (n° du 15 mars 1897) ont conservé tout leur intérêt.

lution a amené de grands changements dans les conditions d'existence du pays. Avant 1870, l'Angleterre et la France se partageaient la plupart des débouchés commerciaux du monde. Londres et Paris étaient les deux grands centres d'où rayonnait tout le trafic international.

Les Allemands sont entrés en ligne; ils ont essayé, avec beaucoup de méthode, de déloger la France et l'Angleterre des places où ces deux nations s'étaient établies depuis des siècles et de conquérir pour leur industrie les grands marchés mondiaux. Dans un discours qu'il prononçait en 1898 au *Lambeth Conservative Club* de Londres, le célèbre explorateur Stanley appelait l'attention de ses compatriotes sur « les progrès inquiétants réalisés par les Allemands sur un terrain où, jusqu'en ces dernières années, les Anglais avaient régné en maîtres incontestés ». Et l'auteur d'un curieux article, paru il y a vingt ans dans la *Saturday Review*, prédisait qu'un duel terrible se préparait entre l'Angleterre et l'Allemagne. C'est la concurrence allemande qui a provoqué en Angleterre un mouvement de protectionnisme qui a d'abord été vivement combattu, mais qui aura certainement, nous en aurons bientôt la preuve, de graves conséquences[1].

Pour vaincre dans ce domaine, les Allemands ont senti qu'il fallait des méthodes précises. Il est plus facile, écrivait un jour l'un d'eux, de construire une locomotive que de l'exporter.

L'Allemagne a eu l'avantage de pouvoir recruter aisément les collaborateurs qui étaient indispensables. L'accroissement de la population a donné aux exportateurs les auxiliaires dont ils avaient besoin. Comme les Allemands, à l'époque où ils étaient pauvres, émigraient volontiers, ils ont trouvé presque partout dans le monde des groupes allemands, de véritables « colonies économiques » dont les membres s'étaient déjà adaptés aux mœurs du pays, dont beaucoup s'étaient introduits dans les hôtels, les maisons de commerce, les administrations, dont quelques-uns étaient même parvenus aux degrés supérieurs de l'échelle sociale. Le commerce allemand d'exportation a pu se procurer aisément un personnel d'élite. Il faut ajouter que les exportateurs ont fait preuve d'un esprit très utilitaire, d'une remarquable aptitude à s'approprier les inventions, les méthodes, les résultats des expériences que d'autres avaient faites, quelquefois sans en tirer parti. Les Allemands ont une aptitude spéciale pour s'occuper des détails qui nous paraissent négligeables, pour résoudre de petits problèmes qui nous paraissent insignifiants, pour imaginer toutes sortes de combinaisons.

Ils sont aussi très habiles à satisfaire par d'adroites prévenances les goûts et les caprices particuliers. Ils savent au besoin se faire tout petits, s'infiltrer lentement, patiemment, attendant leur heure, toujours prêts à saisir le moment propice.

*
* *

Dans une œuvre aussi complexe que l'organisation de la vente à l'étranger, les Allemands ont pensé que les initiatives isolées ne pourraient suffire. En matière d'exportation, le groupement des forces, la coordination des efforts ont une grande importance.

Bien que les associations se soient multipliées en France depuis quelques années, nous sommes au fond restés individualistes. Les Allemands ont compris qu'une grande solidarité entre les exportateurs serait très utile pour faire pénétrer plus largement à l'étranger les produits qu'on désirait y vendre.

Cet esprit de solidarité s'est révélé dans l'organisation des « commissionnaires », dans celle des commis-voyageurs, dans celle des représentants.

Le commissionnaire est un Allemand qui habite le pays où il s'agit de faire des affaires. Il en parle la langue, il y a des relations, il connaît les usages locaux, l'état du marché, les ressources de la contrée, la solvabilité des clients, les questions de change et celles de douane, les modes d'emballage les plus convenables, les conditions de transport les plus avantageuses. Il se charge des recouvrements. Il sait à l'occasion suggérer les transformations auxquelles il convient que les fabricants se soumettent. Et tandis que les commis-voyageurs ne peuvent visiter que les principales maisons, les commissionnaires atteignent jusqu'aux plus petits débouchés. Ils cherchent à éveiller les besoins, et contribuent ainsi au développement de la production. On m'a assuré à Nuremberg que c'était surtout par l'intermédiaire de commissionnaires que les jouets et les articles de bureau fabriqués par les artisans de cette ville s'étaient si largement répandus dans le monde. C'est par eux que les idées ingénieuses d'ouvriers, qui eussent été impuissants à en tirer profit, ont été exploitées; on peut citer l'exemple de M. Fleischmann, qui recevait de Sonneberg des poupées, que d'adroites ouvrières habillaient à Paris même, et dont beaucoup étaient ensuite réexportées dans divers pays. Le journal *Export* fait souvent allusion aux services que rendent les commissionnaires, qui savent

1. On peut se faire une idée des ambitions qu'avait déjà l'Allemagne, il y a vingt ans, en se reportant au livre du Dr Vosberg Rekow : *Das britische Weltreich und das deutsche Weltbewerb*, Berlin, 1898.

trouver les producteurs capables de fournir les articles désirés dans les conditions voulues de qualité et de prix. Les commissionnaires allemands ont été pour les exportateurs de précieux conseillers. Ils ont été les premiers pionniers du commerce sur la plupart des marchés lointains.

Leur rôle a diminué depuis quelques années, par suite de la constitution d'unions locales ou régionales d'exportateurs. Dans les pays qui présentent un marché important, les commissionnaires s'effacent de plus en plus devant l'organisation nouvelle des producteurs. C'est par l'emploi des commis-voyageurs et des représentants que ceux-ci ont le plus efficacement travaillé depuis quelques années à la conquête des marchés.

Le voyageur a été pour beaucoup dans le grand essor du commerce allemand. Comprenant qu'il importait avant tout de se documenter sur les besoins susceptibles d'être satisfaits par telle ou telle branche de l'industrie nationale, les Allemands ont fait sillonner toutes les contrées où ils pensaient qu'il y avait de bonnes opérations à faire, par des voyageurs moins préoccupés de conclure des affaires que d'étudier le pays, et de communiquer des renseignements à ceux qui les avaient envoyés : renseignements sur les usages et les goûts, sur les transports, les modes de paiement, les questions douanières, la législation. Ces voyageurs, ayant noté avec soin les articles qui avaient le plus de chance d'être vendus, sont devenus les inspirateurs de la production. Leur action a été beaucoup plus efficace que celle des prospectus, jetés souvent sans être lus, et même que celle des lettres qui ne peuvent d'ailleurs donner toutes les précisions nécessaires. La correspondance ne peut suffire là où la concurrence est âpre, là ou le goût joue un rôle prépondérant. Le voyageur peut dissiper des préventions, détruire des légendes, arranger certaines questions touchant à la forme, au poids, à la couleur, à l'emballage, questions de détail qui, dans les pays lointains, ont parfois une extrême importance. Dans tout l'Orient, les catalogues et les prospectus ne peuvent suffire. Il faut que les commandes soient passées de vive voix.

L'Allemagne a attaché une grande importance à la formation de ses voyageurs; on exige d'eux la connaissance des langues étrangères et notamment du français, dont les commis-voyageurs allemands se servent partout où ils savent que c'est la langue préférée. On les a dressés à réfuter les appréciations défavorables; ils savent établir avec les produits rivaux des comparaisons à l'honneur de l'Allemagne et consentir des modifications avec indication des majorations de prix que cela pourra entraîner. On leur a donné au surplus des pouvoirs étendus qui ont facilité la conclusion des accords.

Très tenaces et très souples, les commis-voyageurs allemands ne se laissent pas rebuter par l'accueil un peu froid que parfois ils rencontrent. Ils savent harceler les clients et font preuve d'une inlassable persévérance. Ils étaient très nombreux dans notre pays. C'est par leur intermédiaire qu'une foule de produits allemands ont supplanté peu à peu nos produits nationaux. S'ils manquent de grâce, et si leur politesse est souvent très lourde, ils savent flatter l'amour-propre de ceux auxquels ils cherchent à vendre, ils leur font au besoin des cadeaux, leur remettent des collections d'échantillons, évitent surtout de froisser leurs idées. On tient à ce qu'ils aient une connaissance exacte de l'article qu'ils cherchent à placer. Les maisons allemandes ont fait de plus gros sacrifices pécuniaires que les maisons françaises pour inonder le monde de leurs voyageurs et pour assurer à ceux-ci de belles rémunérations.

Les efforts des voyageurs se combinent avec ceux des représentants. Le représentant est un agent qui traite des affaires pour le compte de commettants, et qui, résidant dans le pays, peut communiquer à celui qu'il représente les informations les plus précises sur les variations de modes et de goûts. Il est en contact permanent avec la clientèle, il sollicite les commandes, il surveille le marché, il saisit les occasions favorables, il étudie les causes des progrès de la concurrence, il établit les prix des marchandises rendues à domicile, etc. Mieux introduit sur la place que le voyageur, en relations constantes avec les consommateurs, il obtient plus aisément des commandes importantes. Le voyageur lance le produit, le représentant complète l'action du voyageur. Il est bien placé aussi pour préparer son arrivée, pour lui épargner des pertes de temps et d'argent. Il n'est pas toujours facile aux exportateurs de trouver de bons représentants. C'est un des services que rendent en Allemagne les *Exportvereine,* qui procurent tantôt des représentants originaires du pays, tantôt des représentants allemands ayant appris la langue et connaissant les procédés commerciaux de la région où il s'agit de faire pénétrer les marchandises allemandes. J'ai pu me convaincre que les exportateurs allemands trouvent beaucoup plus aisément que les nôtres des représentants parmi leurs nombreux compatriotes répandus dans le monde entier. Sans doute, l'emploi de représentants est un moyen onéreux de vente, mais c'est aussi un moyen très efficace. Et les Allemands n'hésitent pas à faire de très bonnes conditions à leurs représentants : ils considèrent

avec raison que le lancement d'un produit nouveau à l'étranger exige de grosses dépenses de publicité. Ils savent que les bons représentants doivent être bien payés. Celui qui est insuffisamment rémunéré ne s'intéresse pas assez à la vente des articles qui lui sont confiés.

Commissionnaires, voyageurs, représentants, telles sont les trois catégories de personnes à l'aide desquelles les Allemands ont peu à peu donné à leur commerce extérieur une si grande importance.

Ajoutons que les exportateurs allemands se déplacent eux-mêmes volontiers, et font fréquemment des tournées dans les pays ou ils importent leurs produits. Ils pensent que c'est un devoir pour eux de bien connaître les contrées qu'ils exploitent.

***

On ne peut étudier le développement du commerce allemand à l'étranger sans constater les services que les Banques allemandes ont rendus aux exportateurs. C'est grâce à elles qu'une partie de la vie économique des pays lointains est passée sous la tutelle de l'Allemagne[1]. Elles ont procuré aux commerçants de ce pays les crédits nécessaires, escomptant leurs lettres de change, faisant le commerce des connaissements, s'occupant des paiements internationaux et des questions de change. Elles ont permis la multiplication du nombre des entreprises allemandes, et procuré aux commerçants les moyens d'obtenir un crédit conformément aux habitudes des pays dans lesquels elles s'étaient établies. Un véritable marché s'est constitué en Allemagne pour les traites tirées sur l'étranger. Trois facteurs interviennent dans la détermination du prix : le cours du change, la distance du pays de destination et le délai de vue inscrit sur la traite. Le système auquel on s'est attaché a permis aux vendeurs de se contenter de bénéfices moindres et d'appliquer leurs capitaux à de nouvelles opérations. Remplissant le rôle d'intermédiaires entre les capitalistes désireux de placer leurs fonds et les commerçants ou industriels qui cherchaient à s'en procurer, les banquiers allemands ont été de précieux collaborateurs de l'influence germanique. C'est par leurs soins que, sur les quatre ou cinq milliards de marks que l'Allemagne épargnait chaque année, il y en avait le quart au moins qui était placé à l'étranger, non pas en fonds d'Etat, mais en valeurs industrielles qui ont rapporté en général de gros intérêts. C'est ce qui a permis d'équilibrer aisément la balance du commerce, les importations, à cause des achats de matières premières et de denrées alimentaires, ayant toujours été supérieures aux exportations. M. Henri Hauser a montré par des exemples fort intéressants ce qu'avait été la participation des Banques au commerce de l'Allemagne, en même temps qu'il a étudié le mécanisme de la pénétration dans les autres pays[1]. L'un des exemples les plus caractéristiques est celui de la *Banca commerciale italiana*, qui avait réussi à réduire en servage une partie de l'industrie italienne. C'est grâce à leurs Banques que les Allemands ont porté à un remarquable degré de perfection leurs services de renseignements commerciaux, en même temps qu'ils ont réduit d'une façon étonnante les inconvénients des longs crédits auxquels ils ont si volontiers consenti[2].

A l'effort des Banques s'est ajouté celui des cartels. Les cartels n'avaient pas été créés pour favoriser l'exportation ; ils avaient surtout pour but de limiter la concurrence, se s'opposer à la surproduction et à l'avilissement des prix sur le marché intérieur. Mais les usines allemandes ayant été montées pour la surproduction, il a fallu, pour maintenir la stabilité des prix, exporter la tranche de production qui ne pouvait être absorbée par la consommation intérieure. Il y avait là de graves problèmes à résoudre. Ces problèmes ont été étudiés avec le plus grand soin, et cette étude a conduit peu à peu à cette politique raisonnée des prix qu'on appelle le *Dumping*, politique déjà ancienne, mais qui, en se combinant avec l'organisation des cartels et un régime protecteur à tarifs élevés, est devenue entre les mains des Allemands une formidable machine d'expansion.

L'Etat impérial est intervenu à son tour. Il a noué une alliance avec le commerce, comme il en avait noué une avec l'industrie. Il a pris dans une large mesure la direction des cartels. Il a senti que la politique impérialiste, devenant politique mondiale, *Weltpolitik*, devait aussi devenir une politique commerciale, une *Handelspolitik*. Ainsi, quand le Gouvernement impérial concédait des emprunts, c'était contre des commandes, et l'une des causes de la guerre a été le désir de diminuer la situation que, par sa flotte marchande, l'Angleterre avait prise dans le monde.

Il faut rendre hommage au soin avec lequel les Allemands ont étudié la question des débouchés. Comme l'a judicieusement observé M. Hauser, l'Anglais pense *empiriquement :* c'est par une série d'expériences, qui ne sont pas toujours

1. V. l'étude que j'ai publiée dans le *Bulletin de la Fédération des industriels et des commerçants*, octobre 1915.

1. *Des Méthodes allemandes d'expansion*, 3e éd., p. 73, suiv.

2. Rapport de M. DE RIBES-CHRISTOFLE : *Bulletin de la Chambre de Commerce de Paris*, 13 mars 1915.

heureuses, qu'il coordonne les notions qui lui sont utiles. Le Français pense *intuitivement*. Il s'attache aux idées qu'a déposées en lui une forte culture générale, il raisonne *a priori* : c'est un improvisateur. L'Allemand pense *méthodiquement* : les problèmes pratiques sont pour lui des problèmes scientifiques à étudier et à résoudre comme tels. Pour conquérir les marchés, il procède comme l'état-major qui veut se livrer à une opération stratégique. Il cherche à connaître au préalable les particularités du pays où il veut opérer : climat, production, régime politique et social, organisation monétaire et douanière, mœurs et idées des habitants. Il étudie aussi leurs rapports avec ceux qui étaient, depuis plus ou moins longtemps, leurs fournisseurs, et il se préoccupe des divers moyens qui pourront être employés pour supplanter ces derniers. Il n'entre en action qu'après avoir fait une enquête approfondie sur tous ces points.

Pour arriver à de bons résultats, les Allemands ont pensé qu'un enseignement « spécial » était indispensable. On peut dire que par le développement méthodique de ses écoles commerciales, l'Allemagne a mobilisé une partie de sa jeunesse pour la conquête commerciale du monde. Elle a tenu à avoir des hommes capables de s'occuper avec compétence des questions de transports, de tarifs, de change, de navigation, de politique commerciale, de législation douanière. Elle a multiplié les écoles de commerce, écoles de hautes études, écoles supérieures, écoles moyennes, écoles de perfectionnement.

Et on a fait les choses grandement! Ainsi les frais d'installation de l'Ecole des Hautes Études commerciales de Berlin, pour ne citer que cet exemple, ont été de plus de 3 millions de marks. Il nous faut, pour développer notre commerce, a dit le Ministre à la séance d'inauguration, des connaissances solides et une éducation spéciale. Nous nous proposons d'organiser un enseignement harmonieux, emprunté aux branches les plus diverses des connaissances humaines.

Sans doute, une partie des écoles de commerce allemandes paraissent au premier abord assez médiocres. Mais, par leur multiplicité même, elles ont aidé peu à peu les familles à comprendre l'importance d'un enseignement autre que celui qui a été longtemps donné aux jeunes Allemands. Et de toutes les écoles qui ont été fondées sont sortis en définitive de bons employés, notamment des commis-voyageurs passablement instruits, disposés à aller à l'étranger et à travailler au développement économique de l'Empire. Comme l'écrivait il y a quelques années M. Torau-Bayle dans un rapport adressé au ministère du Commerce, l'Allemagne a réussi par un enseignement méthodique, à utiliser le travail des petits, elle a trouvé le moyen de décupler leurs énergies, elle a créé, à coté d'une puissante aristocratie commerciale, une sorte de démocratie du commerce qui a été une source de prospérité pour le pays [1].

On s'est beaucoup occupé dans ces écoles de l'enseignement des langues étrangères. Le nombre des employés polyglottes est considérable en Allemagne, et ils ont été très utiles aux exportateurs pour faire pénétrer les produits allemands dans les pays les plus lointains. Dans ses Études sur *le Mécanisme de la vie moderne*, le vicomte d'Avenel estime que, depuis 80 ans, 24 millions d'Européens sont allés en Amérique. Sur ce nombre, il y a seulement 433.000 Français. Et ils ont en général moins bien réussi que les Allemands. Ce n'est pas parce qu'ils étaient moins travailleurs ou moins intelligents : c'est parce qu'ils n'avaient pas reçu l'éducation nécessaire pour s'adapter aisément aux luttes économiques contemporaines.

Il faut que cette adaptation se fasse mieux aujourd'hui que dans le passé.

Nous avons certainement commis une erreur en nous imaginant que l'élite d'une nation devait se rencontrer nécessairement dans les carrières libérales, et que c'était de ce côté qu'il fallait pousser les jeunes gens les mieux doués. Ce sont les sujets d'élite qu'il eût fallu plutôt choisir pour le commerce [2].

Il aurait fallu tout au moins réserver, pour travailler à notre développement commercial, un plus grand nombre de jeunes gens ayant la volonté, l'énergie, les connaissances techniques nécessaires pour permettre à notre industrie de se répandre plus aisément dans le monde. Nous ne nous sommes pas assez préoccupés de faire comprendre à notre jeunesse que le champ des combinaisons où le facteur commercial joue un rôle important s'élargirait, à mesure que se développeraient les moyens de communication et de transport.

La France n'a pas tiré de ses capitaux tout le profit désirable par suite de la pénurie d'hommes qualifiés pour mener à bien les grandes entreprises.

Il y a eu chez nous beaucoup de forces inutilisées. Beaucoup de jeunes gens intelligents, et souvent pleins de bonne volonté, ont végété parce qu'on ne leur a pas indiqué de quelle manière ils auraient pu travailler plus efficacement à cette œuvre collective qui est en somme la grandeur de la Patrie.

La guerre actuelle déterminera beaucoup de changements dans la mentalité des générations nouvelles. Elle diminuera cette crainte du risque, cette horreur de la responsabilité qui a contribué à pousser notre jeunesse vers le fonctionnarisme, vers la bureaucratie, vers les situations

1. Cf. mon livre sur l'*Education économique du peuple allemand*. Paris, Larose, 2e édition, 1910.

2. C'est l'opinion de M. Gabriel Hanotaux : *Du choix d'une carrière*, p. 112.

tranquilles, situations agréables peut-être, mais certainement peu fécondes pour le pays.

L'étude des efforts que les Allemands ont faits pour accroître leur activité commerciale à l'aide d'une organisation plus scientifique doit nous suggérer de salutaires réflexions. Elle nous aide à mieux comprendre à quelles conditions la France retrouvera la place à laquelle lui donnent droit les avantages de sa position géographique sur deux mers, les richesses de son sol, les qualités de ses habitants. La suprématie commerciale est une œuvre collective qui demande la collaboration de la nation tout entière. Elle ne peut être que le résultat d'une action méthodique et d'une bonne organisation.

Cette organisation, il faut, pendant que nos héroïques soldats se battent avec tant de courage, que la France s'occupe de la préparer. Que les commerçants français profitent donc de ce que beaucoup de maisons allemandes et autrichiennes ne peuvent livrer les commandes qu'elles avaient reçues! Les dossiers que publie l'*Office national du Commerce extérieur* font connaître un grand nombre d'articles de provenance allemande qui peuvent être remplacés par des articles français. Ils donnent la liste des débouchés qui s'offrent aux producteurs; ils donnent aussi des renseignements précieux sur les moyens de se faire payer, et de s'accommoder de certaines nécessités en matière de crédit. De nouveaux champs de bataille s'ouvrent devant nous. Nous dérober serait un crime. L'exemple de l'Allemagne doit stimuler notre zèle. Sentant qu'ils ne peuvent obtenir par la force des armes ce qu'ils avaient espéré, les Allemands se préoccupent avec une ardeur extraordinaire des luttes économiques qui suivront la paix. Ce n'est pas seulement sur le terrain militaire, disait naguère M. Ballin, le directeur de la Cie Hamburg-Amerika, que nous sommes les premiers. Nous avons aussi sur le terrain économique plus d'habileté, plus de méthode et une meilleure organisation que nos ennemis. Or la guerre a mis en lumière la nécessité de l'organisation dans tous les domaines : elle est le triomphe de l'organisation! Mais une organisation se modifie comme se modifie une situation économique. Les équilibres d'autrefois ont été bouleversés : il faut nous orienter vers un perfectionnement incessant de ce que nous avons déjà réalisé[1]. Nous devons, écrit de son côté le député Gothein, nous occuper dès maintenant des arrangements commerciaux qui devront permettre à l'Allemagne de développer son trafic et de reprendre sa politique d'expansion à travers le monde que la guerre a entravée[2].

Les années qui vont venir, dit le député Frédéric Naumann, seront essentiellement des années de luttes économiques. Aussi devons-nous étudier avec le plus grand soin les problèmes qui se posent pour nous faire une idée juste de leur importance[1]. Et le Dr Bierbauer zu Brennstein ajoute : la culture allemande suivra sa marche triomphale à travers le monde. Après cette guerre « l'honnêteté allemande et la véracité allemande rendront à l'Allemagne la confiance des autres peuples[2] ».

En présence de pareilles ambitions, il convient de ne pas nous endormir. Ne commettons plus les fautes qui nous ont fait tant de mal. Nous ne nous étions pas assez inquiétés, avant la douloureuse épreuve qui nous a ouvert les yeux, des conséquences que pourrait avoir le travail d'avant-guerre entrepris par nos ennemis. Nous nous contentions de voir avec peine qu'un grand nombre de maisons allemandes s'établissaient dans notre pays, enlevant aux Français beaucoup d'affaires que ceux-ci auraient dû faire eux-mêmes. Combien s'occupaient d'étudier les méthodes et les procédés employés par les Allemands?

L'heure est venue de réagir contre une inertie qui nous a fait beaucoup de tort. Il faut que nos commerçants s'arment de courage, et se lancent bravement, au risque de ne pas faire de bénéfices dans les débuts, à la conquête des marchés. Il faut que la France, si elle veut rester une grande nation, attire à elle une plus large part du trafic universel. Il faut qu'elle étudie avec le plus grand soin les meilleurs moyens de tirer parti de ses propres ressources. Le génie allemand, disait M. Boutroux dans une conférence qu'il faisait à Berlin avant la guerre, est essentiellement positif et pratique : c'est le réalisme qui semble le fond du génie allemand[3].

Les Allemands préparent aujourd'hui le lendemain de la guerre, avec autant de soin qu'ils ont préparé la guerre elle-même pendant plus de quarante ans. Nous devons faire comme eux. La guerre actuelle déterminera sans doute pour longtemps les positions respectives des principaux peuples du monde. La France a droit à une belle place. Il faut que sur le terrain de la lutte économique, comme sur le terrain de la défense militaire, elle prouve au monde qu'elle n'a rien perdu de sa vitalité.

Georges Blondel,
Professeur à l'Ecole libre des Sciences politiques.

1. Cf. *Vossische Zeitung*, 5 septembre 1916. V. aussi le récent discours prononcé à Zurich par Lujo Brentano : *Ueber den Wahnsinn der Handelsfeindseligkeit*. E. Reinhardt, Münich, 1916.

2. *Neue freie Presse*, 3 août 1916.

1. *Die Hilfe*, 17 août 1916, p. 542.

2. *Ueberall*, juillet 1916, p. 558 : « Welche Lehren hat Deutschland aus dem Weltkriege zu ziehen. » Cf. un article de Gustave Schmoller : « Deutsche Friedensgedanken » dans la revue *Deutsche Politik*, 4 août 1916, p. 1367. Le professeur Otto Schreiber (de Göttingen) a proposé la création d'un Institut d'études de législation comparée et d'enquêtes sur les législations étrangères, qui aurait son siège à Berlin et s'occuperait de favoriser le commerce extérieur de l'Allemagne. Cet institut entretiendrait à l'étranger des représentants qualifiés qui donneraient aux commerçants des informations propres à leur permettre d'agir avec précision.

3. *Revue politique internationale*, septembre-octobre 1914, p. 194.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Lanchester (F. W.), *Ingénieur-conseil du Comité d'aviation.* — **Aircraft in warfare. The dawn of the fourth arm.** L'AÉRONAUTIQUE EN TEMPS DE GUERRE. L'AURORE DE LA QUATRIÈME ARME.) *Préface du Maj. Gen.* SIR DAVID HENDERSON, *Directeur général de l'Aviation militaire. — 1 vol. in-8° de 222 p. avec 14 pl. (Prix cart.: 12 sh. 6 d.) Constable and Co. Ltd, éditeur., Orange Street, Leicester Square, Londres,* 1916.

Les multiples exploits de l'aviation anglaise viennent prouver tous les jours l'importance que nos alliés attachent à la 4e arme. Ils ne font qu'inciter le lecteur à parcourir l'ouvrage de M. Lanchester, un spécialiste en la matière, dont les idées de précurseur se trouvent bien souvent vérifiées par les événements actuels. Dans ce livre, l'auteur a rassemblé toutes ses notes sur les différents rôles de l'Aéronautique en temps de guerre et il distingue fort justement qu'une armée doit être munie de trois sortes d'appareils destinés au repérage, à la chasse et au bombardement, et qu'il faut renoncer à la conception du navire aérien omnibus.

M. Lanchester passe tout de suite à la comparaison de l'avion et du dirigeable. Les préférences accordées à l'un ou à l'autre des deux systèmes se rapportent bien au caractère propre de chacun des adversaires. Les Germains, avec leur esprit lourd, matériel et systématique, devaient s'attacher au colossal zeppelin et en outrer le développement, sans s'arrêter aux conséquences de plus grande vulnérabilité qui découlaient fatalement de ses énormes dimensions. Le naturel souple, primesautier et hardi des Alliés devait les conduire, au contraire, à adopter presque exclusivement la machine ailée, et à s'en servir journellement soit pour aider les autres armes, soit d'une façon indépendante. Le poids mort de l'aéroplane étant moindre, sa vitesse est plus grande. C'est donc bien le véritable instrument d'offensive, le dirigeable plus vulnérable ne trouvant sa réelle utilité que dans les actes défensifs et pour l'éclairage des cuirassés. Signalons à ce propos que l'auteur croit peu à l'efficacité du tir d'un canon de campagne sur avion. Il ignorait alors les remarquables travaux de nos artilleurs français, dont les solutions pratiques règlent rapidement le tir sur avion, quelles que soient les conditions dans lesquelles se présente le but mobile. Ces travaux ont été consacrés par des résultats tels que l'armée de nos Alliés commence à appliquer nos méthodes.

L'auteur a plus de confiance dans l'attaque de l'avion ennemi par un avion.

Vient ensuite l'armement des navires aériens, qui doit être surtout constitué par la mitrailleuse (type Lewis), puisqu'il s'agit de faire à l'adversaire le plus de mal possible dans le moindre temps. Toutefois, M. Lanchester conseille aussi le canon d'une livre, bien que son montage sur aéroplane soit très difficile: il y voit l'avantage de pouvoir tirer des shrapnells et obus explosifs: l'envoi de tels projectiles avec des calibres plus faibles étant prohibé par la déclaration de Saint-Pétersbourg de 1868. Signalons en passant cette préoccupation qui dénote une fois de plus le caractère loyal de nos compagnons d'arme. L'auteur indique quelle doit être la rapidité du feu et comment on la mesure. Puis il passe en revue les autres armes employées dans l'offensive, telles que fusées, bombes explosives et incendiaires, torpilles, flèches d'acier, etc. Ici encore il énumère les grandes difficultés pour atteindre avec des bombes un but placé sur le sol et, sans faire allusion à nos procédés si précis, il estime que, sous le rapport de la justesse des coups, le jet des bombes ne peut lutter avec le tir du canon, et que, par suite, l'emploi du bombardement doit se limiter à l'attaque d'objets de grande surface ou d'importance suffisante pour justifier la dépense exagérée de projectiles.

M. Lanchester étudie ensuite le rôle de l'aéronautique dans le service de la marine, la base des avions sur mer, leur armement, leur cuirassement. Il y voit un moyen très efficace de destruction des sous-marins ennemis et de reconnaissances pour protéger la marche des navires. Nombreux sont les types d'hydroplane qu'il préconise.

Ici se place une théorie personnelle, à laquelle il y a lieu de prêter attention, en raison de son originalité et des conséquences qu'on en peut tirer. L'auteur l'appelle la « loi des *n* carrés », et, démontrant scientifiquement une vérité pressentie par bien des stratégistes, il apporte une précieuse contribution à l'art militaire. Sans doute, on ne doit pas se laisser guider uniquement par les règles d'une science exacte, en présence de tant de facteurs variables et de circonstances fortuites qui interviennent. Néanmoins il y a certains principes basés soit sur l'expérience, soit sur le calcul, qu'aucun commandant d'armée ne peut transgresser. La concentration des forces constitue un de ces principes et il était intéressant de donner un relevé des inévitables désavantages de la dispersion. Les exemples, choisis dans la guerre terrestre aussi bien que marine, précisent admirablement les applications de la loi. En voici d'ailleurs l'énoncé : « La puissance de combat d'une force armée peut être considérée comme proportionnelle au carré de sa valeur numérique X par la valeur de combat des unités individuelles qu'elle comporte. »

L'étude des conditions tactiques des combats aériens vient en application des données théoriques qui précèdent. Une flotte naviguant dans l'air doit être avant tout homogène, et sa formation tout à fait différente de celle des navires dans une rencontre navale. Des questions internationales se présentent à l'occasion des sorties de ces flottes, notamment vis-à-vis des neutres; elles sont toutes examinées.

L'auteur, enfin, constate l'admirable rendement de la 4e arme au cours de la guerre. Pour maintenir la suprématie anglaise dans cette voie, il y a nécessité d'un contrôle sévère de la fabrication privée des appareils, et d'une production ininterrompue de types toujours plus nouveaux. La création d'une Association pour la construction aéronautique donnerait à ce sujet une plus grande garantie.

Un index permet de repérer les nombreuses questions traitées dans cet ouvrage, qui s'adresse à tous les lecteurs s'intéressant aux choses de l'air, lecteurs qui actuellement forment légion.

Emile DEMENGE.

2° Sciences physiques

Bigourdan (G.), *Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes.* — **Le Climat de la France.** (TEMPÉRATURES, PRESSION, VENTS). — *1 vol. in-8° de 136 p. avec 61 fig. (Prix : 4 fr.). Gauthier-Villars et Cie, Paris,* 1916.

Les valeurs des éléments constitutifs du climat de la France étaient très imparfaitement connues avant la création du Bureau central météorologique. Le savant chef du Service de la Climatologie et des Instruments, M. Angot, aujourd'hui directeur, organisa un réseau aussi complet que possible d'observatoires et de stations météorologiques, où les observations ont été poursuivies régulièrement avec des instruments contrôlés et suivant des méthodes identiques. La masse énorme des documents ainsi recueillis au cours des cinquante dernières années, dans des stations dont le nombre atteint

148 pour la température et quelques milliers pour la pluie, a été vérifiée, classée et discutée par M. Angot qui a publié les résultats de cet immense travail en de nombreux mémoires dans les *Annales du Bureau central*. Les valeurs obtenues, sans être définitives, peuvent être considérées comme très approchées et dès maintenant utilisables.

Bien que les valeurs relatives à la pluie, dont l'importance est très grande pour la connaissance du climat, ne soient pas encore publiées, M. Bigourdan a réuni dans une brochure tous les résultats relatifs à la pression barométrique, la température et le vent; ils sont groupés en tableaux par mois et année pour les principales stations; des cartes et des diagrammes tracés au moyen de ces valeurs montrent clairement la répartition mensuelle et annuelle des divers éléments ainsi que leurs variations. L'usage des cartes, des tableaux et des diagrammes est facilité par les explications détaillées sur les méthodes employées pour leur établissement et les aperçus succincts de nos connaissances en météorologie qui les accompagnent.

Cette brochure permet de déterminer facilement, avec une approximation suffisante, les valeurs moyennes, les variations diurne, mensuelle, annuelle et les valeurs extrêmes des principaux éléments météorologiques en chaque point de la France; elle sera consultée avec profit par tous ceux qui, comme les agriculteurs, les médecins, les ingénieurs, les voyageurs, etc., peuvent tirer un parti quelconque de la connaissance du climat.

G. B.

Lewis (William C. Mc C.), *Professeur de Chimie physique à l'Université de Liverpool.* — **A System of Physical Chemistry** (Un système de chimie physique). *T. I*: **Kinetic Theory.** *1 vol. in-16 de 523 p. avec 37 fig. T. II*: **Thermodynamics and Statistical Mechanics.** *1 vol in-16 de 552 p. avec 98 fig., de la collection des* « Textbooks of Physical Chemistry ». *Prix de chaque vol. cart. : 9 sh.). Longmans, Green and Co, éditeurs, Londres, 1916.*

Le livre que nous présentons aux lecteurs de la *Revue* mérite leur attention à plus d'un titre. Comme l'indique la préface, son auteur a cherché à classer systématiquement, dans deux volumes de format moyen, l'ensemble des connaissances qui constituent par tradition la Chimie physique. Sans se perdre dans trop de détails, ni rechercher une originalité souvent illusoire, il s'est volontairement borné à présenter clairement les principaux faits et les théories essentielles, en les groupant dans le cadre d'un plan logique et en les exposant avec une vivante simplicité. On peut dire sans exagérer qu'il a presque complètement atteint son but.

Signalons d'abord le plan général de l'ouvrage. Le premier volume, dont le sous-titre est « Théorie cinétique », expose la Chimie physique en se plaçant presque exclusivement au point de vue moléculaire. Il est très intéressant de voir quel développement on peut ainsi arriver à donner à l'exposé des questions classiques, sans faire appel aux principes de la Thermodynamique. Dans le second volume, intitulé « Thermodynamique et Mécanique statistique », les mêmes problèmes sont repris au point de vue thermodynamique, et rattachés ainsi aux progrès les plus récents de la Physique générale. Dans chaque volume, les divisions se succèdent logiquement, conformément à un tableau de classification placé en tête du premier tome.

Dans celui-ci, après une étude sommaire des principes de la théorie cinétique et de leur application aux divers états de la matière, on passe à l'exposé de la loi d'action de masse. Celle-ci est appliquée d'abord aux équilibres des systèmes gazeux, puis aux solutions. Pour ces dernières, on commence par l'étude de leurs propriétés générales, et de leur analogie avec les gaz; on passe ensuite aux électrolytes et à la théorie des ions. De nombreuses applications de cette théorie font l'objet des chapitres suivants. Enfin, on aborde l'étude des solutions solides, des équilibres hétérogènes, et de la loi de distribution. Le volume se termine par une courte étude des colloïdes, de la vitesse des réactions avec application à la radioactivité, et de la catalyse.

Dans le second volume, toutes les questions qui précèdent sont traitées à nouveau à la lumière des deux principes de la Thermodynamique, qui fournissent tant de relations quantitatives capitales dans le domaine des gaz, des solutions ou des électrolytes. Une large importance est attribuée à la règle des phases et aux classifications qui en dérivent, puis à l'affinité chimique et à sa mesure. Enfin le dernier tiers du second volume traite d'une série de questions récentes du plus haut intérêt, telles que : le théorème de Nernst, la photochimie, l'équipartition de l'énergie, le problème des chaleurs spécifiques.

Cette rapide énumération fait comprendre que l'ouvrage actuel ne peut avoir aucune prétention à la profondeur des idées théoriques ni à la richesse des détails. Mais le lecteur sera d'autant plus satisfait de trouver presque constamment la clarté, l'heureux choix des nombres et des exemples, le désir de l'impartialité. Plusieurs procédés d'exposition sont particulièrement heureux : sur tous les sujets importants, non seulement les initiateurs sont cités, mais de longs passages de leurs mémoires sont textuellement traduits (exemples : Van t' Hoff pour la pression osmotique, Arrhénius pour la dissociation électrolytique). Des exemples illustrés de résultats numériques sont toujours cités à l'appui des lois. On donne aussi, sur beaucoup de sujets, la référence d'un ou deux mémoires récents, dont les auteurs ont apporté un perfectionnement notable à la question étudiée. Le lecteur peut ainsi, sans se heurter à un étalage d'érudition excessif, se faire une idée sommaire, mais juste, du développement historique et de l'état actuel des problèmes. Souvent ceux-ci ont donné lieu à des controverses, et bien des points restent litigieux : l'auteur signale les difficultés sans prétendre les résoudre, il suggère quelquefois une solution, le plus souvent il renvoie à un mémoire où les choses sont discutées à fond et où le lecteur pourra, s'il le désire, se former lui-même une opinion (exemple : non applicabilité de la loi de dilution d'Ostwald aux électrolytes forts, etc.)

Quelques personnes reprocheront peut-être à l'auteur d'avoir accordé un développement excessif à certaines questions (par exemple, celle des indicateurs colorés) dans un ouvrage aussi général. D'autres, au contraire, ne seront pas fâchées, malgré un léger défaut d'équilibre, de voir poursuivre jusqu'au bout, au moins sur un ou deux exemples, les conséquences de la théorie. Mais ce que l'on peut affirmer, c'est que tous les lecteurs trouveront plaisir et profit à utiliser l'ouvrage, et qu'il mérite de trouver droit de cité en France, en attendant qu'un auteur français nous en offre l'équivalent.

Eugène Bloch,
Professeur au lycée Saint-Louis.

3° Sciences naturelles

Beyschlag (Prof. F.), **Vogt** (Prof. J. H. L.) et **Krusch** (Prof. P.). — **The Deposits of the useful Minerals and Rocks. Their origin, form and content.** (Les dépots des minéraux et roches utiles. Origine, formes et contenu). *Traduit par* S. J. Truscott. — *2 vol. in-8° contenant 1262 p. et 467 fig. (Prix cart. : 38 sh.), Macmillan and Co, éditeur, Saint-Martin's Street, Londres, 1914-1916.*

Pendant longtemps, l'étude des gisements minéraux n'a considéré que leur forme et leur contenu, indépendamment de leurs relations avec les formations encaissantes, et elle a constitué une branche de l'Art des mines. Plus récemment, les prospecteurs ont cherché avant tout à déterminer les détails de la position géologique et de la genèse des dépôts, dont la forme et la teneur n'étaient plus considérées que comme une fonction, et

l'étude des gisements minéraux est devenue une branche de la Géologie. Outre l'intérêt scientifique que présente cette nouvelle orientation des recherches, elle offre des avantages techniques et économiques de la plus haute importance pour le mineur. C'est de ce second point de vue que sont partis les auteurs du présent ouvrage pour donner un tableau aussi complet que possible des gisements de minéraux et de roches utiles dans le monde.

Leur classification est avant tout génétique. Ils divisent les dépôts en deux grandes classes, caractérisées par les termes de *syngénétique* et d'*épigénétique*, suivant qu'ils ont la même origine que les roches encaissantes, dont ils sont généralement contemporains, ou une origine indépendante et beaucoup plus récente. Les deux principaux groupes de dépôts syngénétiques sont les ségrégations magmatiques et les dépôts sédimentaires, tandis que les dépôts épigénétiques comprennent les dépôts de contact, les remplissages de cavités, les dépôts métasomatiques et les imprégnations.

Les auteurs indiquent ensuite les causes qui ont donné aux différents gisements leur forme actuelle et qui sont les plissements, les chevauchements, les failles, les déplacements verticaux et latéraux, et ils donnent les principes de la représentation graphique des dépôts minéraux.

Après un certain nombre de chapitres généraux sur les minéraux contenus dans les gisements et la reproduction synthétique de ceux-ci, puis sur la distribution relative des éléments et leurs associations naturelles, sur la teneur absolue et relative des gisements, les auteurs exposent les vues actuelles sur l'importante question de la genèse des dépôts minéraux, qui peut être attribuée à l'une des causes principales suivantes : cristallisation des magmas fondus, pneumatolyse, métamorphisme de contact, métasomatose, précipitation en solution, concentration mécanique.

Cette première partie de l'ouvrage, qui constitue les généralités et occupe 226 pages illustrées de 166 figures, est suivie d'une seconde partie qui donne la description détaillée de tous les gisements typiques de minéraux utiles dans le monde. Les auteurs font d'abord l'historique de tous les systèmes de classification qui ont été proposés depuis Werner, en 1791, jusqu'à l'époque actuelle, et ils indiquent les raisons qui les ont amenés à adopter pour leur exposé la classification suivante :

I. *Ségrégations magmatiques*. *a*) Minerais oxydés : 1. Groupe de la chromite ; 2. Groupe fer-titane ; 3. Groupe fer et fer-apatite. — *b*) Minerais sulfurés : 1. Groupe nickel-pyrrhotite ; 2. Groupe de la pyrite intrusive. — *c*) Métaux natifs : Groupe fer-nickel ; 2. Groupe du platine.

II. *Dépôts de contact*. *a*) Minerais oxydés : groupe du fer. — *b*) Minerais sulfurés : groupe plomb-zinc et cuivre.

III. *Remplissage de cavités et dépôts métasomatiques*. 1. Filons stannifères. 2. Filons à apatite. 3. Filons mercuriels. 4. Filons jeunes d'or et d'argent. 5. Filons aurifères vieux. 6. Filons de plomb, argent et zinc. 7. Dépôts métasomatiques de plomb-argent-zinc. 8. Filons d'antimoine. 9. Filons ferrugineux. 10. Dépôts ferrugineux métasomatiques 11. Filons de manganèse. 12. Dépôts de manganèse métasomatiques. 13. Filons cuprifères. 14. Dépôts cuprifères métasomatiques. 15. Filons de pyrite. 16. Dépôts de pyrite métasomatiques. 17. Dépôts de cuivre natif. 18. Veines de nickel-cobalt-arsenic. 19. Veines de nickel silicaté.

IV. *Dépots de minerais*. *a*) Groupe des minerais de fer : 1. Dépôts lacustres et de tourbières. 2. Dépôts oolithiques. 3. Minerais de fer carbonatés et argileux. 4. Chamosite et thuringite. 5. Magnétite, spécularite et hématite. 6. Dépôts de fer nodulaires. *b*) Dépôts de manganèse. *c*) Dépôts de cuivre schisteux. *d*) Groupe des fahlbandes. *e*) Dépôts de pyrite. *f*) Dépôts de minerais du Witwatersrand. *g*) Dépôts de sulfures de plomb et de zinc. *h*) Dépôts d'antimoine. *i*) Graviers stannifères et graviers de métaux nobles.

Nous ne pouvons entrer dans l'analyse détaillée de tous ces chapitres. Nous nous contenterons de signaler l'abondance et la perfection de l'illustration, et les nombreuses notes bibliographiques qui accompagnent chaque paragraphe. Cet ouvrage constitue certainement l'un des plus complets, des mieux documentés, qui aient été écrits sur la question.

A. Renard.

Rayss (T). — **Le Cœlastrum proboscideum Bohl** (Étude de Planctologie expérimentale, suivie d'une revision des Cœlastrum de la Suisse). — *1 vol. in-8° de 65 p. avec 20 pl. Imprimerie K. J. Wyss, Berne*, 1915.

Les résultats de ce travail, présenté comme thèse de doctorat à l'Université de Genève, permettent d'établir que le *Cœlastrum proboscideum* Bohl. est une Algue excessivement polymorphe, pouvant revêtir, au cours de son développement, des stades variés rappelant d'autres espèces et même d'autres genres ; ces variations sont autant de réactions morphologiques vis-à-vis des différents milieux. Les *Cœlastrum* se présentent ordinairement sous la forme des cénobes, dans les milieux à faible concentration ou à température élevée (confirmation des vues théoriques d'Ostwald sur l'influence de la viscosité); mais ces cénobes peuvent se désarticuler en leurs cellules constitutives arrondies ou polyédriques. La nutrition et la respiration ont aussi une influence sur la production des formes d'involution; l'auteur étudie le rôle de la peptone, des sels de Ca, de K, des acides dilués et des alcalis. Le travail se termine par par une revision systématique du genre *Cœlastrum* et de ses représentants en Suisse.

A. V.

Martinet (Alfred Dr). — **Eléments de Biométrie.** — *1 vol-in-8° de 192 p. avec 72 fig. (Prix : 4 fr.). Masson et Cie, éditeurs, Paris, 1916.*

Le livre du Dr Alfred Martinet paraît destiné à rendre de grands services, non pas tant, à mon avis, en raison des nombreux et utiles renseignements qu'on peut y trouver qu'à cause de la tendance générale d'esprit qui s'y manifeste. Si les procédés biométriques comptent encore aujourd'hui de nombreux détracteurs, cela paraît bien tenir à la façon défectueuse dont on les voit utilisés trop souvent. Les principes et les conseils clairement exposés au début de cet ouvrage éviteront sans doute à l'avenir, si on s'y conforme et si on les suit, les lourdes fautes auxquelles est imputable le peu de crédit dont jouit une méthode pourtant si fertile quand on l'applique comme il convient.

Tel qu'il est établi, le livre du Dr Martinet s'adresse surtout aux médecins ; mais il est à présumer et à espérer tout à la fois que l'accueil favorable dont il sera certainement l'objet engagera l'auteur à le compléter dans une édition ultérieure, surtout en ce qui concerne ce qu'il appelle la Biométrie statique. Et si les circonstances sont telles qu'il puisse en être ainsi, le public scientifique se trouvera enfin en possession d'un guide de recherches, d'un instrument de travail dont l'absence jusqu'ici a été grandement préjudiciable (et l'on ne peut à cet égard qu'être de l'avis de l'auteur) aux progrès de la Biologie.

On lira plus particulièrement avec profit et intérêt les paragraphes consacrés au degré d'approximation des mesures, aux méthodes statistiques et enfin les conclusions où l'auteur insiste sur ce desideratum essentiel, l'unification des mesures biologiques, qui fut, comme l'on sait, le principal objet des préoccupations du grand physiologiste Marey pendant la dernière période de sa vie.

R. Anthony.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 23 *Octobre* 1916

M. le Président annonce le décès de M. **E.-F. Maupas**, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Anatomie et Zoologie.

1° Sciences mathématiques. — M. **C. Camichel** : *Sur la détermination de la vitesse de propagation* a *dans les conduites forcées industrielles.* L'auteur montre que, pour la détermination, dans les conduites forcées des usines, de la vitesse de propagation a, il est inexact d'utiliser, comme on l'a fait jusqu'ici, l'observation de la période d'oscillation, et qu'il est nécessaire d'employer un procédé faisant intervenir une perturbation de courte durée, par exemple la méthode de la dépression brusque. L'utilisation du robinet de vidange des conduites permet, en général, l'application de cette méthode avec la plus grande facilité.

2° Sciences physiques. — MM. **L. Vegard** et **O. Krogness** : *Résultats d'observations d'aurores boréales exécutées à l'Observatoire de Halde.* Les auteurs ont déterminé surtout les hauteurs des aurores boréales au-dessus du sol. Les courbes présentent deux maxima bien définis, l'un vers 100 km. et l'autre vers 160 km. La conséquence de ce fait est sans doute que la masse principale des rayons cosmiques qui produisent les aurores boréales consiste en deux groupes ayant chacun une puissance de pénétration bien distincte. On peut en conclure, en outre, que les trois formes les plus fréquentes : arcs diffus, arcs en draperies et draperies, sont essentiellement de même nature et doivent être produites par des rayons de même espèce. Par suite du peu de différence dans la hauteur moyenne, il y a lieu de supposer que toutes les formes d'aurores boréales observées par les auteurs sont dues à des rayons essentiellement de même espèce, et que la différence des types est plutôt une différence de forme que de structure physique. — MM. **C. Zenghelis** et **S. Horsch** : *Action chimique du peroxyde de sodium sur l'hydrogène sulfuré.* Un courant d'H^2S dirigé sur Na^2O^2 donne lieu à une réaction très vive, qui peut provoquer la fusion du récipient. H brûle toujours en formant de l'eau. Quant au S, si la réaction a lieu dans une atmosphère d'azote, il se combine avec Na pour former des sulfures et polysulfures. En présence d'une grande quantité d'air, il y a détonation; du sulfate et du soufre libre se déposent, et il ne se forme presque point de sulfure.

3° Sciences naturelles. — M. **A. Lacroix** : *Les verres volcaniques du Massif du Cantal.* Le massif volcanique du Cantal renferme plusieurs gisements de roches essentiellement ou exclusivement constituées par un verre. L'auteur a constaté qu'il existe deux groupes parmi ces laves : les plus nombreuses et les plus variées rentrent dans la catégorie des roches à excès de silice, mais cette silice libre n'est pas exprimée minéralogiquement (pechsteins rhyolitiques, pechsteins dellénitiques, perlite dacitique); un autre type est constitué par un verre très basique. — MM. **G Bourguignon** et **J. Lucas** : *Classification des muscles du membre supérieur de l'homme suivant leur systématisation radiculaire par le rapport des quantités donnant le seuil avec les deux ondes isolées du courant induit (indice de vitesse d'excitabilité).* L'indice de vitesse d'excitabilité déterminé avec les courants induits classe les muscles du membre supérieur de la même façon que la chronaxie, en trois groupes : les muscles les plus rapides (caractérisés par les indices les plus grands et les chronaxies les plus petites) sont innervés par C. V et C. VI; ceux de rapidité moyenne sont innervés par C. VIII et D I, et les moins rapides (caractérisés par les indices les plus petits et les chronaxies les plus grandes) sont innervés par C. VII. — MM. **M. Weinberg** et **P. Séguin** : *Contribution à l'étiologie de la gangrène gazeuse.* L'étude de la flore des plaies de guerre a permis aux auteurs d'y découvrir un microbe qu'ils désignent sous le nom de *Bac. histolyticus.* Ce microbe, incapable de causer par lui-même une infection gazeuse, paraît jouer un rôle important dans l'étiologie de certains cas de gangrène gazeuse en provoquant des lésions profondes des vaisseaux et du tissu musculaire.

Séance du 30 *Octobre* 1916

1° Sciences physiques. — M. **H. Le Chatelier** et **J. Bogitch** : *Sur la détermination de la densité des corps solides.* Les auteurs, rappelant l'incertitude qui règne encore sur la densité exacte d'un grand nombre de corps, montrent qu'il existe, dans la détermination des densités, une cause d'erreur d'importance capitale : c'est l'adhérence d'une mince couche d'air à la surface des corps solides immergés, adhérence suffisante pour faire flotter sur l'eau des corps de densité bien supérieure à 1. Cette adhérence de l'air est complètement évitée par l'emploi de l'un des trois liquides : tétrachlorure de carbone, benzène cristallisable ou essence minérale. On peut avec ces liquides, en se servant de dispositifs très simples, réaliser rapidement des mesures très précises, par exemple faire en 10 minutes une mesure exacte au millième près. — M. **L. Bouchet** : *Sur les variations d'épaisseur d'une lame de caoutchouc sous l'influence d'un champ électrostatique.* Sous l'action d'un champ électrostatique, le caoutchouc vulcanisé se contracte dans la direction des lignes de force. Pour le caoutchouc non vulcanisé, l'action propre du champ n'est pas manifeste, sans doute parce que cette matière possède une conductibilité très appréciable. — M. **J. Bougault** : *Semicarbazone des acides α cétoniques.* En appliquant à la semicarbazone de l'acide benzyl-pyruvique la réaction avec un hypoiodite ou hypobromite en milieu alcalin (voir p. 635), l'auteur a obtenu les mêmes résultats qu'avec la semi-carbazone de l'acide phénylpyruvique : on arrive aux acides phénylcrotoniques α-halogénés ; mais, de plus, il a réussi à isoler les dérivés dihalogénés de l'acide saturé, soit les acides phénylbutyriques α-diiodé et α-dibromé, qui constituent les produits intermédiaires.

2° Sciences naturelles. — M. **W. Kilian** : *Sur l'âge exact de la « Plaine des Rocailles » près la Roche-sur-Foron (Haute-Savoie) et sur les stades fluvio-glaciaires du Genevois-Faucigny.* L'auteur distingue, dans la région du Genevois-Faucigny, des dépôts morainiques et fluvio-glaciaires appartenant aux complexes suivants : A) stade de la fin de la glaciation würmienne ; B) stade néowürmien (à la période de retrait duquel se rattache la formation de la Plaine des Rocailles, gigantesque éboulement de blocs urgoniens dont les débris ont été convoyés par le glacier du Borne) ; C) stade de retrait en contre-bas du précédent ; D) stade bühlien ; E) stades plus récents du glacier de l'Arve. — MM. **J. Costantin** et **D. Bois** : *Les variétés de vanille.* Les auteurs ont reconnu que les trois variétés de vanille connues sous le nom de Tahiti, Tiarei et Haapape se rattachent à la variété *sylvestris* du *Vanilla planifolia*, tandis que le type du Mexique constitue la variété *sativa* de la même espèce. Il semble qu'en entreprenant à Tahiti de vastes cultures du type Mexique et en soignant la préparation, on améliorerait considérablement la production de la colonie. — — M. **L. Daniel** : *Cultures expérimentales au bord de la mer.* Des plantes transportées de Rennes à Erquy, au bord de la mer, n'ont, en 15 ans, sous l'influence des

embruns et de l'arrosage intermittent à l'eau saumâtre, acquis aucun caractère des végétaux halophytes; si une action de ce genre a existé, elle est restée d'ordre infinitésimal. Les seules variations nettes sont celles causées par les oscillations très prononcées du régime de l'eau (quantité, qualité et concentration saline), qui provoquent le nanisme ou le gigantisme dans les états extrêmes, avec tous les intermédiaires. Cette action est purement momentanée; elle ne semble pas héréditaire. — M. **Marcel Baudouin** : *Démonstration de l'existence de la fossette génienne de la mandibule chez le jeune enfant de la Pierre polie.* Quatre mâchoires inférieures d'enfants très jeunes, trouvées dans l'ossuaire néolithique des Cous (Vendée), ont permis à l'auteur de remarquer l'absence complète des apophyses géni et l'existence, à leur niveau, de la petite dépression dite fossette génienne. Les traces de cette fossette sont surtout marquées avant l'âge de 2 ans et demi, alors que la soudure en arrière des deux moitiés de la mandibule n'est pas complète. La fossette se comble peu à peu, grâce à l'apparition, à son centre, des deux apophyses géni, une sur chaque moitié. — M. **W. T. Porter** : *Observations sur les pressions artérielles basses et leur traitement.* L'auteur estime qu'un grand nombre de blessés meurent par l'abaissement de la pression artérielle, dont le point critique est de 50 mm. environ. On peut combattre cet abaissement par : 1° les actions mécaniques (placer le blessé sur une table chauffée, pendant 1 heure au besoin, les pieds étant situés à 30 cm. au-dessus du niveau de la tête); 2° par l'injection d'adrénaline; 3° par l'injection du sérum isotonique. — M. **J. Beauverie** : *Recherches sur l'influence de la pression osmotique sur les bactéries. Cas du vibrion cholérique.* Pour augmenter la pression osmotique, l'auteur ajoute à un milieu connu, le bouillon de viande, des doses croissantes de NaCl. L'accroissement de la concentration moléculaire crée pour le microbe un état d'anhydrobiose qui paraît favorable au cloisonnement cellulaire, c'est-à-dire à la multiplication. Mais les cultures vieillissent vite dans les milieux concentrés. La mobilité est fortement ralentie aux concentrations élevées. Enfin le développement présente une remarquable tendance à s'effectuer près de la surface à mesure que les solutions employées sont plus concentrées.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 24 Octobre 1916

M. le Dr **Bacri** : *Traitement du tétanos confirmé par le sérum antitétanique à doses massives répétées.* L'auteur estime, d'après les résultats obtenus dans le traitement de 13 cas de tétanos, tous terminés par la guérison, que le sérum antitétanique est curatif à toutes les périodes, même dans les cas où l'injection préventive n'a pas été pratiquée. Mais il faut injecter sous la peau, en une fois, tous les jours, pendant 6 jours, une dose de sérum de 50 à 60 cm³. Le traitement doit être institué dès l'apparition du trismus et poursuivi malgré la bénignité apparente de la maladie; il doit être exclusif et systématique. — M. le Dr **Marage** : *Douze mois de rééducation auditive dans l'armée.* L'auteur communique les résultats obtenus sur 250 soldats plus ou moins sourds par sa méthode de rééducation auditive au moyen de la sirène à voyelles. Avant le traitement, 57 % étaient proposés pour la réforme, 37 % pour les services auxiliaires et 6 % pour le maintien dans le service armé. Après le traitement, les proportions avaient passé respectivement à 17, 31 et 52 %. Cette méthode permet donc de rendre de nombreux soldats à l'armée, de diminuer le nombre et le chiffre des pensions et aux soldats libérés de reprendre leurs anciennes occupations.

Séance du 31 Octobre 1916

MM. **E. Sergent** et **G. Delamare** : *Les enseignements cliniques d'un Centre de triage de militaires suspects de tuberculose.* Sur un groupe de 600 soldats hospitalisés pour complément d'observation, les auteurs ont trouvé 89 non tuberculeux, 83 cracheurs de bacilles, 216 malades en évolution et 212 cicatrisés. Cela fait 301 militaires exempts de tuberculose en activité (soit 50 %), qui ont pu être reversés dans les cadres; cette constatation établit d'une façon éclatante l'utilité des centre de triage. — MM. le Dr **Lochelongue** et **M. Dubart** : *Recherches bactériologiques sur l'action des hypochlorites terreux appliqués à la désinfection des mains.* Les hypochlorites de magnésie et le mélange d'hypochlorites de magnésie et de chaux possèdent à peu près le même pouvoir bactéricide. Ce pouvoir est fonction du degré chlorométrique de la solution et de la masse de l'haloïde actif par rapport à la masse de matière organique à désinfecter. Dans la pratique, on peut considérer que la propreté chirurgicale des mains est obtenue par une immersion de 8 minutes dans une solution titrant 1°,8 à 2° et seulement de 4 à 6 minutes dans une solution titrant 2°,5 à 3°. — MM. **Castaigne** et **Desmoulières** : *Réaction pratique pour déceler l'acide picrique dans le sérum des malades atteints d'ictère.* Afin de permettre de déceler sur le front même les ictères dus à l'ingestion d'acide picrique, les auteurs recommandent la méthode suivante, qui porte non sur l'urine, mais sur le sang du malade. Recueillir par ponction veineuse ou ventouses scarifiées, 15 ou 20 cm³ environ de sang, le mettre dans un tube à essai et ajouter la même quantité environ de solution aqueuse d'acide trichloracétique à 25 %. Fermer le tube avec le pouce et agiter vigoureusement, jeter le mélange sur un filtre à plis ordinaire et recueillir le filtrat dans un tube à essai, en ayant soin de repasser sur le filtre les premières portions du liquide écoulé si elles ne sont pas limpides. En l'absence d'acide picrique, le liquide obtenu est toujours parfaitement limpide et incolore; dans le cas contraire, le filtrat, non moins limpide, présente une teinte jaune picriquée plus ou moins intense. Une teinte jaune, si faible soit-elle, est concluante. — M. **L. Camus** : *De la vaccine généralisée expérimentale. Conditions de sa production.* La vaccine généralisée reproduite expérimentalement chez le cheval par M. Chauveau n'est pas spéciale aux Equidés; cette espèce ne se distingue probablement des autres que par une plus grande aptitude à présenter cette manifestation morbide. Chez le lapin, la vaccine généralisée spontanée apparaît avec une très grande facilité quand le virus vaccinal pénètre en quantité suffisante dans le sang.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 21 Octobre 1916

M. **A. Guilliermond** : *Sur une méthode permettant de colorer dans la cellule végétale les grains d'amidon au sein des mitochondries.* L'auteur a eu l'idée d'essayer la méthode de Champy-Kull, avec le bleu de toluidine, sur les cellules végétales. L'emploi de cette méthode sur une jeune racine de ricin a montré qu'elle colore les mitochondries et les grains d'amidon simultanément et d'une manière différente (les premières en rouge, les seconds en bleu), de telle sorte qu'on peut suivre par ce procédé, avec une très grande netteté, tous les stades de la formation des grains d'amidon au sein des mitochondries. — M. **J. Salkind** : *Sur un nouveau mode d'inclusion.* Un *sol* aqueux des sels d'arabine (gomme de cerisier), traité par l'acétate de plomb et exposé à l'action de l'ammoniaque, se transforme en *gel* dont la consistance se prête à la confection de coupes minces. Cette méthode d'inclusion est indiquée quand on veut éviter : 1° toute action des solvants des graisses; 2° toute variation de température; 3° toute action durcissante d'alcool ou d'acétone sur certains tissus et organes. — M. **Serés é Ibars** : *Corrélation fonctionnelle vésico-rénale. Voie anatomique que suit l'excitation vésicale.* C'est un fait connu en clinique que, quand il y a rétention vésicale, il se produit une augmentation de sécrétion d'urine par le rein, non seulement pendant la

rétention d'urine dans la vessie, mais aussi après l'évacuation de la vessie. Les recherches de l'auteur sur le chien montrent que la voie anatomique que suit l'excitation vésicale pour aller au rein est formée par une voie nerveuse qu'il appelle *système de corrélation vésico-rénale*. Ce système est formé par un ganglion central abdominal qui donne naissance à des rameaux inférieurs vésicaux et à des rameaux supérieurs ou rénaux. Ce système de corrélation est une dépendance du grand sympathique; son ganglion et ses rameaux sont éloignés de la chaîne des ganglions sympathiques, et pour mettre en relation la vessie avec le rein, ils réunissent le système d'innervation de la vessie avec celui du rein. — M. **Ed. Retterer** : *Des relations génétiques entre derme et épiderme.* Au cours de ses observations histologiques sur le gland du taureau, l'auteur dit avoir constaté que les cellules de la face profonde de l'épithélium présentent en de nombreux points des séries de traînées cellulaires montrant tous les termes de passage entre la cellule épithéliale et les éléments conjonctifs du derme. M. **A. Brachet** rappelle que la grande majorité des histologistes et embryologistes nient l'origine épidermique du derme, et, sans douter de la réalité des aspects microscopiques vus par M. Retterer, croit qu'ils sont dus à l'obliquité des coupes et au chevauchement du derme et de l'épiderme qui empêche de voir leur limite. — M. **Et. Rabaud** : *Généralité du réflexe d'immobilisation chez les Arthropodes. Nature et mécanisme.* L'auteur a constaté que le phénomène de la « simulation de la mort » est tout à fait général chez les Arthropodes. Jusqu'à présent, il a réussi à trouver, chez 170 espèces appartenant à tous les ordres d'Insectes et de Myriapodes, les Géophiles exclus, par une exploration méthodique de la surface de leur corps, les zones périphériques dont l'excitation détermine une immobilisation durable de l'animal. La zone la plus fréquemment excitable chez les Insectes siège dans la racine de l'aile; quelques Insectes possèdent deux ou trois zones excitables. Les attitudes prises par les animaux immobilisés et la durée de l'immobilisation sont extrêmement variables. A côté du réflexe immobilisant, il existe dans tous les cas un réflexe mobilisant. L'immobilisation réflexe se présente comme une contraction prolongée, sans détente et d'intensité variable suivant les cas. Elle dépend incontestablement d'un état du système nerveux, car la contraction ne se prolonge que si l'on répète l'excitation. L'excitation semble porter d'une manière générale sur les antagonistes des muscles contracturés, de sorte que l'effet produit sur ces derniers serait indirect. — MM. **M. Loeper** et **G. Verpy** : *Les troubles vasculaires et hématiques de la commotion.* Les auteurs ont constaté que la commotion par éclatement d'obus produit : une hypertension sanguine initiale et passagère, suivie d'une hypotension assez marquée; une augmentation considérable de la concentration moléculaire du sérum, de la glycémie et de l'amylase sanguine, suivie d'un abaissement rapide au-dessous de la normale, puis d'une élévation progressive. Ces constatations peuvent expliquer quelques-uns des troubles commotionnels attribués exclusivement à l'action nerveuse. — M. **J. Nageotte** : *Les substances conjonctives sont des coagulums albuminoïdes du milieu intérieur.* L'auteur expose une nouvelle conception de l'origine de la substance fondamentale du tissu conjonctif, à laquelle l'a conduit l'étude des cicatrices nerveuses. La substance fondamentale est un coagulum des albumines contenues dans le milieu intérieur. Elle n'est pas plus vivante que le corail des polypiers; les phénomènes physico-chimiques qui s'y passent résultent de l'activité des protoplasmas vivants qui l'habitent; ce sont eux qui l'ont précipitée et qui l'ont modifiée progressivement par leurs ferments ou, d'une façon plus générale, par leurs sécrétions; ils peuvent aussi la redissoudre lorsque les circonstances changent. En fin de compte, cette substance provient bien, pour une part, de phénomènes sécrétoires; mais les cellules au contact immédiat desquelles elle se forme ne produisent que les agents de coagulation et de transformation. La matière est fournie directement par les humeurs de l'organisme : le problème de son origine est le même que celui de la formation du plasma sanguin. — MM. **C. Levaditi** et **G. Nicolas** : *Recherches sur la dysenterie.* Les caractères biologiques des divers types de bacilles dysentériques connus, principalement l'action fermentative sur les sucres, paraissent bien définis et stables. Les échantillons de B. pseudo-dysentériques isolés par les auteurs au cours d'une épidémie de dysenterie de la garnison d'Orléans ne semblent avoir aucun rapport avec la maladie, car, contrairement aux dysentériques vrais (bac. Y ou Strong), ces échantillons ne sont agglutinables, ni par le sérum du malade, ni par le sérum d'autres malades ou convalescents de dysenterie. Leur agglutinabilité par les « serum-tests », assez fréquente, n'est donc pas spécifique et ne suffit pas pour affirmer la nature dysentérique de ces échantillons.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 27 Octobre 1916

M. **S. G. Barker** : *Application de l'effet de Kerr à la détermination des valeurs de saturation pour le magnétisme des métaux, composés et alliages ferromagnétiques.* L'auteur a étudié la relation entre l'intensité de magnétisation de diverses substances ferro-magnétiques et la rotation du plan de polarisation de la lumière polarisée plane réfléchie par une surface polie de ces substances. Les échantillons, ayant la forme de disques circulaires de 5 mm. de diamètre et de 0,5 mm. d'épaisseur, étaient soudés à l'une des pièces polaires d'un grand électro-aimant. A travers une ouverture de l'autre pôle, de la lumière monochromatique, polarisée dans deux plans presque identiques au moyen d'un polariseur de Lippich, tombait presque normalement sur la surface polie de l'échantillon. Le faisceau réfléchi passait à travers un analyseur, dont la rotation pouvait être mesurée très exactement au moyen d'un système optique auxiliaire. Dans la première partie de son mémoire, l'auteur donne les résultats obtenus pour un certain nombre de substances de propriétés magnétiques connues, et qui établissent la validité de la méthode de Du Bois pour l'obtention de la valeur de l'intensité de saturation d'après la courbe reliant l'intensité du champ à la rotation. La rotation est proportionnelle à l'intensité de la magnétisation. La méthode est ensuite appliquée à des substances de propriétés inconnues. L'auteur a déterminé, d'autre part, la variation de la constante de Kerr avec la longueur d'onde de la lumière pour un certain nombre de substances. — M. **D. Owen** : *Influence de l'élément temps sur la résistance d'un contact solide rectifiant.* La résistance d'un contact rectifiant solide, et par conséquent la forme exacte de la caractéristique de résistance, dépendent du temps pendant lequel passe le courant à essayer. L'auteur donne une série de caractéristiques correspondant à des durées de contact allant de 1/40.000e de seconde à 30 secondes. Il en tire les conclusions suivantes: 1° la variation de résistance avec le voltage peut être attribuée entièrement à des effets thermiques ; 2° la caractéristique obtenue en appliquant le voltage d'essai pendant 1/100e de seconde est, pour des voltages modérés, pratiquement la même qu'à l'expiration d'une période de l'ordre de 1/1.000.000e de seconde ; 3° la sensibilité d'un circuit récepteur de t. s. f. (contenant un contact rectifiant) ne diffère pas d'une façon appréciable de celle qu'on déduit d'une caractéristique de période lente ; 4° une fraction importante de la résistance de contact réside dans une couche d'épaisseur moléculaire à la surface de séparation des deux éléments en contact, et c'est dans cette région seule que s'effectue l'action rectifiante aux très hautes fréquences.

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 23 15 DÉCEMBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Distinctions scientifiques

Les médailles de la Société Royale de Londres. — Les Médailles dont dispose la Société Royale de Londres, et qui sont décernées dans sa séance anniversaire du 30 novembre à des savants anglais et étrangers qui se sont distingués par leurs travaux, ont été attribuées cette année comme suit :

Médailles royales : M. J. S. Haldane, pour ses travaux de Chimie physiologique, spécialement ceux qui se rapportent aux modifications chimiques pendant la respiration, et M. H. M. Macdonald, pour ses contributions à la Physique mathématique.

Médaille Copley : Sir James Dewar, pour ses recherches de Chimie physique, plus particulièrement sur la liquéfaction des gaz.

Médaille Rumford : M. W. Bragg, pour ses travaux sur les rayons X.

Médaille Davy : M. H. Le Chatelier, membre de l'Institut et membre étranger de la Société Royale, pour son œuvre en Chimie.

Médaille Darwin : M. Yves Delage, membre de l'Institut, pour ses travaux zoologiques.

Médaille Sylvester : M. Gaston Darboux, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, pour son œuvre en Mathématiques.

Médaille Hughes : M. Elihu Thomson, pour ses recherches expérimentales sur l'Electricité.

§ 2. — Nécrologie

E. Maupas. — Emile Maupas vient de mourir à Alger (18 octobre 1916), après une longue et douloureuse période d'affaiblissement. Ancien élève de l'Ecole des Chartes, il était conservateur de la Bibliothèque nationale d'Alger ; poussé par un goût très vif vers les études biologiques, il travaillait chez lui, avec des moyens de fortune que son ingéniosité créait, mais sans les commodités et les appareils d'un laboratoire officiel ; aussi s'était-il cantonné dans des recherches sur les animaux microscopiques, relativement faciles à élever et à observer dans les conditions où il était placé : Infusoires, Rotifères, Copépodes, Nématodes. Savant et écrivain épris de clarté, il poursuivait ses expériences jusqu'à ce qu'elles fussent arrivées à une conclusion simple et nette, bien faite pour devenir classique. La liste de ses travaux n'est pas longue, mais tous sont marquants, même les plus courtes notes.

Sa première note, si je ne me trompe, date de 1876 (sur les Acinétiens) ; il publie en 1883 ses recherches sur la constitution des Infusoires ciliés, prélude de ses études mémorables sur leur cycle sexuel. Il décrit un grand nombre d'espèces nouvelles, libres ou commensales, crée le mot de *zooamylum* pour les granules amylacés du cytoplasme des Grégarines et des Infusoires, explique avec beaucoup de finesse la succession dans une culture des Infusoires herbivores et des carnivores, et démontre définitivement contre Balbiani la nature simplement cellulaire des Infusoires. De 1888 à 1889 paraissent ses études sur la dégénérescence sénile et la conjugaison des Infusoires, et pour la première fois il « boucle » complètement un cycle de Protozoaire. L'Infusoire, après s'être divisé un certain nombre de fois (nombre fixe, croyait Maupas), vieillit, et il mourrait sénile, s'il n'intervenait à temps un processus de rajeunissement, qui est la conjugaison karyogamique, véritable refonte de la cellule ; les micronucleus, préalablement épurés, de deux individus de lignées différentes s'échangent dans un accouplement ; les micronucleus mixtes régénèrent les macronucleus dégénérés et digérés. On sait aujourd'hui que ce n'est pas le seul mode de rajeunissement des Infusoires, mais la conception fondamentale du cycle reste vraie. Ce travail, fruit de trois années de patientes observations, a eu une influence considérable et marque une date dans l'histoire de nos connaissances sur la cellule, la sexualité et les Protozoaires.

Chez un Rotifère (*Hydatina senta*), Maupas (1890-91) s'est attaché à contrôler le sexe par des variations de température de la culture ; il paraît bien s'être trompé, la question étant plus complexe qu'il ne le croyait. Du reste, elle n'est pas encore résolue actuellement d'une façon satisfaisante. Dans une petite note (1892) sur un nouveau Copépode d'eau douce (*Phyllognathopus Viguieri*), il démontre que la durée de vie de l'animal

dépend nettement de la température; l'animal vit 77 jours à 18° et la moitié moins à 26°.

Deux très importants mémoires (1899-1900) sont consacrés aux Nématodes terricoles; il décrit un grand nombre d'espèces nouvelles, étudie les conditions de la mue, qui rappelle beaucoup celle des Arthropodes, la signification de l'enkystement. Il découvre 16 espèces sans mâles, soit parthénogénétiques, soit hermaphrodites; l'hermaphrodisme s'est greffé certainement sur le sexe femelle, comme chez beaucoup d'autres Métazoaires. Tantôt les mâles ont totalement disparu, tantôt ils sont très rares, bien que parfaitement normaux d'apparence, mais ils ont perdu à peu près totalement tout instinct et tout appétit sexuel (mâles ataviques); on assiste donc chez les Nématodes à une élimination progressive du sexe mâle. Chez les hermaphrodites, il y a hermaphrodisme protandrique et fécondation autogamique dans le sens le plus strict du mot; ce n'est qu'artificiellement qu'on peut faire féconder par leurs mâles rarissimes les hermaphrodites ayant épuisé leur propre sperme.

Maupas était correspondant de l'Académie des Sciences pour la Section d'Anatomie et de Zoologie depuis 1901, et membre honoraire de la Société de Biologie de Paris; universellement connu et estimé dans le monde savant, il en avait eu un témoignage des plus honorables lorsqu'un comité de biologistes lui remit, en 1913, une belle plaquette à son effigie : le grand savant modeste que fut Maupas méritait pleinement cet hommage.

L. Cuénot,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

§ 3. — Astronomie

Méthode spectroscopique pour la détermination des parallaxes stellaires. — Un astronome américain, M. W. S. Adams, de l'Observatoire du Mont-Wilson, vient de faire connaître une nouvelle méthode de recherches qui paraît devoir prendre une importance exceptionnelle [1].

D'après M. Adams, les intensités relatives de certaines lignes des spectres stellaires dépendent étroitement de la luminosité absolue des étoiles-correspondantes. Cette idée n'est pas absolument nouvelle, les recherches de Hertzsprung et de Kohlschütter ayant déjà fait pressentir une relation de ce genre. Mais M. Adams, au lieu d'une correspondance générale, donne aujourd'hui des relations quantitatives.

En vue du but qu'il se propose, il emploie les paires de lignes suivantes :

a)	$\lambda =$ 4216, Sr	4250, Fe
b)	4455, Ca	4462, Fe, Mn
c)	4455, Ca	4495, Fe

celles de la première colonne étant fortement influencées par la luminosité de l'étoile, celles de la seconde colonne n'étant pas affectées et servant de termes de comparaison. D'après des mesures faites sur des étoiles de luminosité connue, l'auteur a construit des courbes qui donnent la luminosité absolue correspondant à chaque différence d'intensité mesurée. Les étoiles ont été divisées en cinq groupes, suivant leur type spectral : Fo — F6, F7 — G7; G8 — K4; K5 — K9; M, et les courbes ont été tracées pour chaque groupe. Ces courbes sont presque des lignes droites pour les trois premiers groupes, et elles peuvent être représentées par des formules du type : $M = a\,\Delta + K$, où M est la grandeur absolue, Δ la différence d'intensité mesurée pour chaque paire de lignes, a et K des constantes qui varient pour chaque groupe et chaque paire de lignes.

Cette méthode a donné à l'auteur des déterminations exactes des luminosités absolues des étoiles individuelles. Leur grandeur apparente étant connue, leur distance s'en déduit immédiatement, au moyen de la formule : $5 \log \pi = M - m - 5$, où M est la grandeur absolue, m la grandeur apparente et π la parallaxe. M. Adams donne un tableau de 66 étoiles dont les distances ont ont été déterminées de cette façon, avec les parallaxes mesurées pour faire la comparaison (aucune de ces étoiles n'a été utilisée à la construction des courbes). L'accord est en général remarquable et laisse peu de doutes sur la valeur de la méthode; les écarts peuvent s'expliquer par l'incertitude de plusieurs des parallaxes mesurées. La méthode s'applique aussi bien aux étoiles éloignées qu'aux étoiles proches, et son application va faire progresser considérablement nos connaissances sur la distribution stellaire.

1. *Proc. of the Nat. Acad. of Sciences of the U. S. of America*, t. II, n° 3, p. 143, 147, 152, 157.

§ 4. — Art de l'Ingénieur

L'utilisation de la chaleur volcanique pour la production de force motrice. — Cette idée, qui pourrait passer pour une utopie, est, d'après une communication récente du Prof. Luiggi [1], devenue aujourd'hui une réalité.

On sait que, dans la Toscane centrale, près de Volterra, de nombreuses fentes du sol laissent échapper de puissants jets de vapeur surchauffée tenant en suspension de l'acide borique et appelés *soffioni*. Ils sont utilisés depuis longtemps pour la production de l'acide borique et du borax, et occasionnellement pour le chauffage des maisons d'un village voisin, Larderello; mais la plus grande partie de la vapeur et de sa chaleur est perdue.

Le prince Ginori-Conti, président de la Société boracifère de Larderello, tenta le premier, en 1903, d'utiliser cette vapeur surchauffée à la production de force motrice. Il l'envoya d'abord dans un petit moteur rotatif, puis dans une machine à vapeur alternative reliée à une dynamo, qui engendrait assez de courant pour éclairer une partie des usines de borax.

Entre temps, pour obtenir une plus grande quantité de vapeur, il faisait percer dans le sol, jusqu'à 100 à 170 m. de la surface, des trous de 3 à 5 m. de diamètre, garnis de tubes de fer, qui amenèrent de la vapeur sous 2-3, et jusqu'à 5 atmosphères, à une température de 150° à 190° C. Pendant plusieurs années, ces jets de vapeur n'ont pas diminué d'intensité, et les nouveaux percements ne semblent pas influer sur les précédents, pourvu qu'ils en soient distants d'au moins 12,5 m. Des expériences exactes ont montré que chaque trou peut fournir 15.000 à 25.000 kilogs de vapeur à 150° C. au moins par heure, ce qui correspond en théorie à 1000-2000 chevaux-vapeur par heure.

Encouragé par ces résultats, le prince Ginori-Conti, en 1906, appliqua cette vapeur à une machine à vapeur ordinaire de 40 chevaux. L'expérience fut absolument concluante au point de vue mécanique; mais les sels de borax et les gaz mélangés à la vapeur exerçaient sur les parties en fer de la machine une action corrosive, qui nécessitait de fréquentes réparations. On tourna cette difficulté en envoyant la vapeur non plus directement à la machine, mais, en guise de combustible, à une chaudière multitubulaire produisant elle-même de la vapeur à 2 atmosphères qui, après surchauffe, actionnait une turbine reliée à un générateur électrique triphasé.

Cette nouvelle installation fonctionnait avec succès depuis quelques mois lorsque éclata la guerre; la rareté du charbon et la hausse considérable des prix en Italie engagèrent le prince Ginori-Conti à utiliser la vapeur naturelle sur une échelle beaucoup plus vaste. Voici le plan qu'il a conçu et réalisé.

La vapeur des *soffioni* est envoyée dans des chaudières multitubulaires spéciales, à tubes verticaux en aluminium, plus résistants à la corrosion. Après avoir abandonné une partie de sa chaleur (sa température tombe

1. *Engineering*, t. CII, n° 2655, p. 487; 17 nov. 1916.

de 180° à environ 120° C), elle se rend aux usines de borax. La vapeur engendrée dans les bouilleurs passe dans des tubes en aluminium chauffés extérieurement par un courant de vapeur naturelle à 180°, et à son tour elle se surchauffe à environ 150°. Après avoir passé par la turbine à vapeur, elle est condensée, refroidie et retourne à la chaudière; la vapeur naturelle n'entre donc pas en contact avec la turbine et toute corrosion est évitée.

L'installation comprend 3 turbo-générateurs électriques de 3000 kw. chacun, engendrant du courant triphasé à 4.500 volts et 50 périodes par seconde, qu'un transformateur à huile élève à 36.000 volts pour la distribution par conducteurs aériens à Florence et diverses villes de Toscane. L'une des unités de 3.000 kw. fonctionne depuis janvier 1916, une autre depuis avril, et la troisième vient d'être mise en marche. Les deux premiers groupes ont travaillé sans accidents et donné une vive impulsion à diverses industries en Toscane.

Il est question de créer d'autres installations analogues, car la région des *soffioni* s'étend sur plusieurs kilomètres carrés autour de Larderello. Dans la région des Champs Phlégréens, près de Naples, où en certains endroits le sol est brûlant déjà à 30 m. de profondeur, une utilisation analogue de la chaleur volcanique pourrait aussi être tentée.

§ 5. — Physique

Le projet de création d'un Institut d'Optique en France. — Dans son article sur l'Industrie française des Instruments d'Optique et ses perspectives d'avenir[1], M. A. Boutaric avait insisté sur la nécessité de la création d'une Ecole d'Optique pour assurer le développement de cette industrie dans notre pays.

Cette question avait attiré l'attention de MM. les Ministres de l'Instruction publique, du Commerce et de l'Industrie, qui ont chargé M. Lucien Poincaré, directeur de l'Enseignement supérieur, et M. Ténot, directeur de l'Enseignement technique, de leur présenter un Rapport sur ce sujet.

Voici ce Rapport, tel qu'il a paru au *Journal officiel* du 16 novembre:

« Au premier rang des industries pour lesquelles les plus grands efforts de rénovation doivent être faits après la guerre figurent celle de l'Optique instrumentale et, corrélativement, celle de la Verrerie d'Optique qui en est inséparable.

« L'Optique instrumentale est, en effet, parmi les industries essentiellement françaises, celle qui, au cours de la seconde moitié du siècle dernier, a le plus complètement émigré en Allemagne.

« L'étude de cette émigration révèle les mêmes causes que pour les autres industries, causes agissant ici avec une acuité plus grande encore; à l'origine se trouve l'insuffisante gradation des compétences entre le savant et l'ouvrier, autrement dit l'absence d'une hiérarchie intellectuelle bien continue; de ce fait, les résultats scientifiques acquis dans le laboratoire ne sont pas connus des artisans et sont ainsi perdus au point de vue pratique.

« L'Optique instrumentale souffre de cette lacune plus vivement que les autres industries, car ses besoins découlent plus immédiatement de la science pure: c'est la science pure qui, seule, peut lui ouvrir des débouchés nouveaux; seule, elle peut ensuite lui indiquer les moyens d'y pourvoir.

« On se retrouve ainsi en face du conflit apparent de la théorie et de la pratique; mais, en Optique, la solution n'est pas douteuse; l'histoire l'indique d'une façon péremptoire; si, sans la pratique, on ne peut presque rien faire, il est certain qu'on ne peut rien faire du tout, hors de la théorie.

« L'extension rapide que l'industrie de l'Optique a prise en Allemagne est la démonstration la plus banale, mais aussi, malheureusement, la plus convaincante de cette thèse; c'est parce que l'Optique instrumentale théorique a été délaissée en France, que nos constructeurs, non seulement ont été devancés par les Allemands dans la création de débouchés nouveaux, mais se sont encore trouvés dans l'impuissance de concurrencer nos voisins une fois les marchés ouverts, faute de source où puiser les données théoriques indispensables.

« La gravité de la situation a été comprise quelques années avant la guerre et des efforts intéressants ont été faits pour y remédier.

« Pour coordonner ces efforts, pour donner à l'Optique française une vigueur nouvelle, la nécessité s'impose de créer un Institut d'Optique appliquée.

« Cet Institut comprendrait ensemble trois sections qu'il y a intérêt, pour réduire les frais, à réunir dans un même lieu:

1° Enseignement théorique général supérieur;

2° Laboratoire central d'examen et d'essais de verres et d'instruments;

3° Enseignement professionnel. »

Pour élaborer le statut et le programme de cet Institut d'Optique appliquée, une Commission spéciale a été nommée qui comprend:

MM. le général Bourgeois, chef du Service géographique de l'armée, président;
Lippmann, membre de l'Institut, vice-président;
Couesnon, député de l'Aisne;
Le président du Conseil municipal de Paris;
Le président de la Chambre de Commerce de Paris;
Le général Sébert, membre de l'Institut;
Despret, maître verrier;
De Grammont de Guiche;
Jobin, ingénieur constructeur;
Lucien Poincaré, directeur de l'Enseignement supérieur;
Ténot, directeur de l'Enseignement technique;
Rey, lieutenant de vaisseau;
Hamy, membre de l'Institut;
Matignon, professeur au Collège de France;
Cotton, professeur adjoint à l'Université de Paris;
Wallon, professeur au lycée Janson-de-Sailly;
Chaumat, secrétaire général de la Commission des inventions concernant la défense nationale;
Fabry, professeur de Physique industrielle à l'Université de Marseille.

Nous tiendrons nos lecteurs au courant des travaux de cette Commission.

Répartition d'un courant électrique entre une colonne gazeuse et une dérivation métallique. — M. F. Earhart a étudié[1] les conditions dans lesquelles un courant d'électricité traversant un gaz peut être dérivé dans un circuit métallique. Il utilise un tube cylindrique de verre, fermé à chaque bout par une électrode plate et en communication avec une pompe à vide, dans lequel il dispose parallèlement aux électrodes terminales des cloisons métalliques perforées. Ces cloisons sont reliées, par un interrupteur, aux bornes d'un galvanomètre de faible résistance. Une batterie d'accumulateurs permet d'établir un voltage élevé entre les électrodes. On mesure le courant principal avec un milliampère-mètre.

Quand on ferme l'interrupteur disposé sur la dérivation, on constate le passage d'un courant dans le galvanomètre. C'est donc que des charges électriques ont été captées par les disques. Dans le but d'élucider suivant quel mécanisme se produit cette électrisation, on a utilisé plusieurs paires de diaphragmes présentant le même rapport entre l'aire totale des ouvertures et celle des parties pleines. Les disques percés d'un grand nombre de petits trous fournissent un courant plus intense que ceux munis d'un petit nombre d'ouvertures de grand diamètre. L'efficacité des disques augmente avec leur

1. Voir la *Revue* des 30 mai et 15 juin 1916.

1. *The Physical Review*, avril 1916.

épaisseur. Il est donc probable que l'électrisation des disques résulte plutôt du passage du gaz ionisé à travers les ouvertures que du choc des ions contre les parties métalliques.

La fermeture du circuit dérivé diminue naturellement l'intensité du courant principal. Pour une pression très faible du gaz (1/20 de mm.), la décharge peut être entièrement éteinte.

La proportion du courant qui est dérivé dépend des conditions réalisées aux extrémités du tube. Quand on fait croître le courant principal, cette proportion demeure d'abord constante, puis, à partir d'une certaine valeur, va en diminuant. La valeur limite à partir de laquelle se produit le changement dépend de la pression.

Les résultats précédents ont été obtenus pour de très faibles valeurs du courant principal. Les conditions des expériences ont été ensuite variées de manière à fournir des courants plus intenses, allant par exemple jusqu'à 50 milliampères pour une pression de 0,5 mm. En opérant graduellement à partir de faibles courants, on a pu faire passer dans la dérivation le courant total, l'espace compris entre les diaphragmes demeurant obscur. On dérive ainsi des courants qui vont jusqu'à 8 m. a. Au delà de 8 m. a., un faible accroissement du courant détermine des conditions instables, pendant lesquelles le courant dérivé varie entre 2 et 8 m. a., le reste du courant illuminant le gaz. Cet état instable dépassé, le courant dérivé décroît jusqu'à 2 m. a. et conserve ensuite cette valeur jusqu'à des intensités du courant total atteignant 50 m. a.

§ 6. — Electricité industrielle

Les piles sèches. — Les piles à liquide immobilisé, dites « piles sèches », dont le maniement est particulièrement commode, ont pris, depuis le début de la guerre, une très grande importance. Aussi peut-il être intéressant de donner quelques renseignements sur leur construction et leur fonctionnement[1].

La pile se compose d'un récipient en zinc de forme ronde ou rectangulaire, qui constitue l'*électrode négative* et est protégé mécaniquement par une enveloppe de papier comprimé. Parfois, le récipient est en verre et la feuille de zinc est placée à l'intérieur; l'avantage de ce système est d'assurer un meilleur isolement électrique dans les cas où l'on emploie un grand nombre de piles en série. Le zinc est parfois amalgamé; ceci paraît prévenir la formation de cristaux et, par conséquent, le percement du zinc.

L'*électrode positive*, en charbon, est entourée d'une pâte formée de bioxyde de manganèse, de charbon ou de graphite pour diminuer la résistance intérieure, de constituants électrolytiques et d'eau. La composition exacte n'est pas donnée par les fabricants. Voici une composition moyenne :

Bioxyde de manganèse	5 kgr.
Sel ammoniac	1
Charbon ou graphite, ou les deux	5
Chlorure de zinc	0,5

Le charbon et la pâte dépolarisante qui l'entoure doivent être regardés comme une électrode composée. L'action dépolarisante se produit à la surface extérieure de la pâte et progresse vers l'intérieur quand la pile se décharge.

Entre cette pâte dépolarisante et le zinc se trouve ce qu'on peut appeler la pâte électrolytique. Elle est généralement blanche et composée de gélatine, de plâtre de Paris, de sel ammoniac et de chlorure de zinc, avec assez d'eau pour former une pâte. Quelquefois on emploie une pâte gélatineuse transparente (gélose).

Dans quelques piles actuelles, la pâte dépolarisante est maintenue autour du charbon au moyen d'un sac que l'on peut serrer convenablement de façon à assurer un bon contact avec le charbon. La pâte électrolytique est disposée tout autour. Il n'est d'ailleurs pas nécessaire d'avoir une couche épaisse de pâte; du papier buvard imprégné d'électrolyte suffit dans la plupart des cas. Ce papier doit avoir une épaisseur d'environ 1 centimètre; il doit être très absorbant pour prendre assez d'électrolyte, mais ses pores doivent être assez fins pour que le charbon et les particules de graphite du dépolarisant ne passent pas à travers le papier sous l'influence des forces électro-capillaires. En vue de garder l'humidité, la pile est toujours recouverte d'une couche de cire ou de bitume.

Le gaz ammoniac qui se produit dans le fonctionnement de la pile, agissant sur le chlorure de zinc, donne du chlorure d'ammonium qui n'est pas gênant, et de l'oxyde de zinc peu soluble qui modifie notablement la résistance interne de la pile. Aussi cherche-t-on à faciliter l'évacuation du gaz ammoniac produit, à l'aide de petits tubes ou évents. L'usage de ces évents n'est peut-être pas d'ailleurs absolument avantageux : il y a toujours un peu de vapeur d'eau entraînée, la pile se dessèche et la résistance intérieure augmente.

Les piles sèches se détériorent si elles sont placées dans un endroit chaud. On peut alors utiliser des piles absolument sèches, qu'on appelle *piles désséchées* pour les distinguer des *piles sèches* ordinaires qui sont en réalité humides. Ces piles sont analogues aux autres, avec cette différence que les substances pâteuses sont remplacées par des poudres. Elles se conservent sans se détériorer jusqu'à ce qu'on ait besoin d'en faire usage; il suffit alors d'ajouter l'eau nécessaire à leur fonctionnement. Malheureusement, ces piles n'ont pas une vie aussi longue que les piles sèches ordinaires, à cause des cristallisations dont elles sont le siège.

La vie des piles est quelquefois définie en ampères-heure ou en watts-heure. Parfois aussi on se contente d'indiquer le temps pendant lequel, pour un circuit de résistance donnée, le courant demeure supérieur à une certaine valeur limite nécessaire. Dans les essais de vie on n'obtient pas les mêmes résultats avec un régime continu qu'avec un régime intermittent; dans ce dernier cas, la pile a le temps de se reformer pendant les repos, et la durée de fonctionnement augmente. Mais il est assez curieux de constater que, si les intervalles de repos deviennent trop longs, la durée de vie utile diminue : la pile se détériore par suite d'une sorte de vieillissement et devient tout à fait mauvaise vers la fin de l'essai. La capacité de service d'une pile dépend également de la température sous laquelle elle fonctionne : pour un service lourd, la vie augmente avec la température; mais si le service est faible une température basse est préférable pour réduire l'effet du vieillissement.

§ 7. — Photographie

Papier bromoïl. — Les photographes anglais ont donné le nom de « bromoïl » à une combinaison du procédé dit à l'huile et de l'ozobromie. Le procédé à l'huile, ou aux encres grasses, créé par Rawlins, en 1904, est basé sur le même principe que la photocollographie[1] : une couche de gélatine imprégnée d'un bichromate alcalin est exposée à la lumière, sous un phototype négatif; elle devient alors imperméable proportionnellement à la quantité de lumière reçue, de telle sorte que si, après l'avoir plongée dans l'eau, on y applique un tampon garni d'encre grasse, celle-ci n'adhère à la gélatine qu'en proportion de l'intensité des noirs du modèle. Ce qui distingue le procédé Rawlins de la photocollographie, c'est qu'il laisse une assez large part à l'intervention de l'opérateur, à son interprétation personnelle du sujet à reproduire. L'image est donc obtenue, non plus par tirage mécanique à la presse, comme on le fait dans l'industrie phototypique, mais bien en exposant à la lumière chacune des feuilles de papier destinées à

1. *The Electrician*, 31 mars 1916; Voir également L'*Industrie Electrique*, 10 juillet 1916.

1. *Revue générale des sciences*, 15 avril 1915.

recevoir l'impression à l'encre grasse; de plus, l'encrage s'effectue à l'aide de pinceaux, et non de rouleaux.

Les inconvénients du procédé Rawlins sont ceux de tous les anciens modes de tirages pigmentaires aux bichromates : le papier doit être sensibilisé la veille de l'emploi et s'altère assez vite, même dans l'obscurité, et la lenteur de l'impression exclut les tirages à une lumière artificielle peu intense, ainsi que les agrandissements.

On a donc été amené à utiliser dans les impressions à l'huile le principe de l'ozobromie. Celle-ci a déjà fait l'objet d'une étude[1] et il suffira de rappeler qu'elle consiste à produire l'insolubilisation du papier au charbon en appliquant ce dernier contre une épreuve au gélatinobromure d'argent préalablement traitée par une solution qui rend la gélatine insoluble proportionnellement à l'intensité des noirs. Une telle épreuve frottée d'encre grasse devra donc fournir une image pigmentaire. En réalité, cependant, les papiers au gélatinobromure ne conviennent pas tous également à cette application, et c'est pourquoi l'on a mis dans le commerce un papier spécialement destiné au procédé bromoïl.

Ce papier n'est pas très rapide, mais il permet une impression profonde, une image vigoureuse; il supporte d'assez grands écarts de pose, et sa trame, assez lâche, conserve bien l'humidité pendant l'encrage.

La plupart des révélateurs peuvent servir au développement de l'image primaire. Il faut toutefois éviter ceux qui exercent sur la gélatine une action tannante, notamment le pyrogallol, et les bains qui contiennent du formol ou du formosulfite. Les fabricants conseillent le développateur au glycin :

Eau	100 cc.
Sulfite de soude anhydre	2 gr. 5
Carbonate de potasse	10 gr.
Glycin	2 gr.
Solution de bromure de potassium à 10 o/o	5 cc.

Le révélateur au diamidophénol, préparé suivant la formule usuelle, convient également.

Le développement est poussé à fond, de manière à avoir une image très vigoureuse. On lave ensuite sommairement, et l'on fixe dans une simple solution d'hyposulfite de soude. On lave à fond, pour bien éliminer l'hyposulfite, et on laisse sécher.

Pour donner à la gélatine l'imperméabilité nécessaire à l'encrage, on la traite par un bain analogue à celui que l'on emploie en ozobromie. Le suivant a été indiqué par M. L. Migneaux :

Eau	q. s. p. 1.000 cc.
Solution d'acide chromique à 10 o/o	20 cc.
— bromure de potassium à 10 o/o	180 cc.
— sulfate de cuivre à 10 o/o	300 cc.

L'épreuve est laissée dans ce bain jusqu'à ce que l'image ait disparu, les grands noirs restant seulement un peu visibles en jaune pâle. On lave à fond, jusqu'à disparition de la teinte jaune des blancs, et l'on fixe dans :

Eau	1.000 cc.
Hyposulfite de soude	150 gr.
Bisulfite de soude liquide	30 cc.

Après un lavage à grande eau, l'épreuve est prête à recevoir l'encrage. On se sert à cet effet de pinceaux en putois, de formes variées, suivant le travail à exécuter, et d'encres d'imprimerie demi-dures ou molles, additionnées, au besoin, d'encre taille-douce ou d'essence minérale.

§ 8. — Biologie

L'hibernation des mouches, leur distribution saisonnière et leurs générations successives. — Les travaux relatifs aux mœurs des mouches, dont la connaissance est essentielle pour lutter efficacement contre ces insectes, laissent encore quelques points obscurs. Pour les élucider, M. G. M. Graham Smith a entrepris d'importantes recherches, dont il expose ainsi les résultats principaux[1] :

La très grande majorité des mouches, dans les espèces communes, passent l'hiver à l'état de pupes, ou plus rarement de larves qui se muent en pupes au début du printemps. Pupes ou larves se trouvent à la surface même du sol, sous un abri quelconque, ou, plus souvent, sont enfoncées dans le sol à une profondeur de 5 à 7,5 cm.

Un nombre insignifiant de mouches adultes des deux sexes, écloses à la fin de l'automne, ou même en hiver, peuvent atteindre occasionnellement le printemps. Il est très peu probable que beaucoup de ces femelles aient été fécondées en automne ou que la plupart d'entre elles atteignent leur maturité sexuelle bien longtemps avant les générations écloses au printemps.

Les conditions d'hibernation de la *Musca domestica* sont encore peu connues. Dans la plupart des cas, les pupes ne se transforment, une fois l'hiver passé, en insectes parfaits qu'après que la température moyenne du milieu où elles étaient abritées a atteint un certain *point critique*, qui est différent pour chaque espèce. Ce point critique semble être voisin de 9 à 10° C. pour *Calliphora erythrocephala*, *Fannia manicata* et *F. scalaris*, et de 17° C. pour *Ophyra leucostoma*. Dans plusieurs espèces, l'éclosion des mâles précède en grande partie celles des femelles. Les mouches écloses de pupes ayant passé l'hiver semblent être les plus vigoureuses; beaucoup des mouches des générations ultérieures ne vivent que quelques jours et n'arrivent jamais à la maturation sexuelle.

Les estimations qui ont été données relativement à la multiplication des mouches pendant la bonne saison sont fort exagérées. Parmi les mouches à viande enfermées dans une grande cage, en plein air, et protégées contre une grande partie de leurs ennemis et contre certaines conditions adverses, la descendance de chaque femelle n'a pas dépassé 130 individus. Chez les mouches « sauvages », l'accroissement doit être encore plus faible.

La durée normale de l'existence des mouches à viande est d'environ 30 jours en été.

Le froid, l'humidité et le vent sont des causes fréquentes et considérables de mortalité pour les mouches. De même, un temps lourd et suffocant produit une mortalité élevée. Les mouches exposées à l'ardeur d'un soleil très vif meurent.

Au cours de la saison chaude, nombreuses sont les espèces différentes qui pénètrent à l'intérieur des habitations. Il semble évident que ce n'est que par accident pour la plupart des espèces; mais il y en a au moins quatre qui le font délibérément dans l'intention d'y séjourner plus ou moins longtemps; ce sont : *Calliphora erythrocephala*, *Stomoxys calcitrans*, *Fannia canicularis* et *Musca domestica*. La première entre dans les pièces pour déposer ses œufs sur la viande (elle y demeure rarement longtemps), la deuxième pour s'abriter, la troisième pour un objet encore indéterminé; quant à la dernière, elle séjourne dans l'intérieur des habitations pendant une longue période de temps. Il se peut que, chez cette espèce, le développement des œufs exige une température élevée et que les mouches restent à l'intérieur jusqu'à ce qu'elles soient prêtes à pondre leurs œufs.

La distribution des mouches et leur abondance pendant les diverses périodes de la saison diffèrent selon les espèces. Celles qui ont besoin d'une température critique élevée pour passer de l'état de pupe à celui d'imago éclosent tard et disparaissent vite. La disparition des mouches, à l'automne, n'est pas due aux effets du froid sur les adultes, mais à la non-éclosion de nouvelles mouches pour remplacer celles qui meurent.

Les conditions qui limitent le nombre des individus

1. *Ibid*, 15 avril 1914.

1. *Parasitology*, t. VIII, n° 4, p. 440; juin 1916, analysé dans *Bull. mens. de l'Office internat. d'Hygiène publique*, t. VIII, n° 10, p. 1698.

d'une espèce sont diverses; parmi les plus importantes, on peut citer : la destruction des larves et des pupes par les parasites braconidés et chalcidiens et par d'autres ennemis, le manque de nourriture pour les larves, le fait que les larves de certaines espèces (*Hydrotæa dentipes*, etc.) dévorent celles d'autres espèces, les attaques des ennemis des mouches adultes, la température, ainsi que d'autres causes qui occasionnent la mort de grandes quantités de jeunes mouches à peine écloses.

Il a été capturé un nombre à peu près égal de mouches dans des pièges situés en plein air et amorcés, soit avec des excréments humains, soit avec de la charogne; les quantités étaient moins fortes avec des réceptacles sombres également situés en plein air, tandis que les pièges placés dans des endroits sombres n'ont attiré que peu de mouches. Il est donc désirable de placer dans les endroits les plus obscurs les boîtes à ordures, fumiers et détritus variés.

Toutes les espèces de mouches qui se posent sur les excréments et sur les charognes vont également se poser sur les fruits murs, mais d'une façon inégale. Les mouches, comme aussi les guêpes, sont donc une cause importante de contamination des fruits, aussi bien sur l'arbre qu'aux étalages, par le dépôt des bactéries de matières fécales ou de matières en putréfaction.

§ 9. — Hygiène publique

La durée de conservation des œufs cuits durs. — A la suite d'une question posée par le Préfet de Police au Conseil d'Hygiène publique et de Salubrité du Département de la Seine sur la durée de conservation des œufs durs (œufs rouges) mis en vente aux approches de la fête de Pâques, M. Léon Lindet a fait sur cette question un certain nombre de recherches et d'observations intéressantes, qu'il a résumées dans un Rapport présenté à l'une des dernières séances de ce Conseil[1].

Avant d'aborder le sujet des œufs durs, M. Lindet a d'abord rappelé la nature des altérations auxquelles les œufs non cuits sont exposés. Ils peuvent être envahis soit par des bactéries, soit par des moisissures.

Les recherches relatives à la bactériologie de l'œuf de poule y ont démontré la présence d'espèces variées : *Bact. coli*, *Bac. subtilis*, *pyocyaneus*, *liquefaciens fluorescens* et *non fluorescens*, *Bact. putridum* de Flügge, *Cocc. prodigiosus*, *Pasteurella*, Sarcines, Staphylocoques blanc et doré, etc., et même des bacilles typhique et paratyphique. D'après les observations de M. Caldwell, chef de la Station agricole de Rhode Island (Etats-Unis), dans la grande majorité des cas (plus de 90 o/o), ces bactéries ne préexistent pas dans l'œuf au moment de la ponte. Comme tous les œufs se gâtent à la longue, les bactéries peuvent donc traverser la coquille de l'œuf et sa membrane coquillière.

L'infection qui en résulte n'est pas très rapide, surtout dans le blanc de l'œuf, les liquides muqueux se prêtant très mal à la propagation des microbes; mais, avec le temps, le blanc d'œuf et surtout le jaune se liquéfient, en se peptonisant sous l'influence des diastases protéolytiques sécrétées par les bactéries; au mirage, on voit le jaune ballotter dans le blanc, puis il se mélange à lui et se fond pour ainsi dire à son contact (œufs vieux galeux).

Les moisissures peuvent également, comme l'ont montré les expériences de M. Husson à Grignon, traverser la coquille de l'œuf, surtout si celle-ci se trouve au contact d'une paroi humide (paille mouillée par exemple). Ces champignons (M. Guéguen a caractérisé parmi eux le *Penicillum glaucum* et le *Sterigmatocystis*) se présentent sous la forme d'un amas de mycélium et de spores, fixé généralement à la surface de la membrane coquillère la plus interne, et légèrement teinté de jaune, ou noir verdâtre, ou d'un beau rose.

Lorsqu'on mire ces œufs, on constate nettement, sous forme de taches, les amas des champignons colorés; ceux des champignons teintés de jaune n'apparaissent pas, mais ce qui permet d'en deviner la présence, c'est que le plus souvent le jaune est adhérent, non pas à la coquille, mais au mycélium.

Bien entendu, la présence des moisissures dans les œufs n'arrête pas l'invasion des bactéries par l'extérieur, en sorte que l'on peut trouver des œufs tachés et en même temps envahis par les bactéries.

Les œufs durs destinés à être teints en rouge pour être vendus dans le commerce ne sont pas préparés, du moins à Paris, avec des œufs frais[1], mais généralement avec les œufs jugés impropres à la consommation que les compteurs-mireurs ont retirés des grandes caisses d'œufs qui parviennent aux Halles, et parmi ceux-ci plutôt avec des œufs « tachés » qu'avec des œufs vieux « galeux » dans lesquels le jaune est plus ou moins mélangé au blanc.

La cuisson stérilise les moisissures des œufs tachés et leur donne, par conséquent, une nouvelle jeunesse. Mais, malgré ce que l'on pourrait supposer *a priori*, ces œufs sont devenus beaucoup plus altérables que les œufs crus. M. Lindet et M. Husson ont vérifié le fait en dosant l'azote ammoniacal dans des œufs d'un même lot, fraîchement pondus — dont la moitié était laissée à l'état cru et l'autre était soumise à une cuisson d'un quart d'heure — puis maintenus à 28°-30° pendant 50 jours et sur lesquels on prélevait de temps à autre des échantillons. La teneur en azote ammoniacal des œufs analysés immédiatement après la ponte représente en moyenne 10 mgr. de NH^3 pour 100 gr. d'œuf, avec des écarts exceptionnels de 6 et 14 mgr. La teneur centésimale de ces œufs en ammoniaque s'est élevée en 50 jours de 10 à 26 mgr. pour les œufs crus et à 107 mgr. pour les œufs cuits, c'est-à-dire qu'elle est dans ces derniers quatre fois plus élevée.

Cette plus grande altérabilité des œufs cuits par rapport aux œufs crus[2] s'explique par ces deux faits : 1° que la membrane coquillère est devenue par la cuisson plus perméable aux gaz, aux liquides et aux microbes; 2° que le blanc cuit a cessé d'être une masse visqueuse, mais est formé d'agglomérats d'albumine coagulée entre lesquels se trouvent des mailles d'un sérum prospère à l'évolution des microbes.

Quelle conclusion pratique faut-il retirer de ces recherches au point de vue de la durée de conservation des œufs durs. Pour M. Lindet, le terme de leur altération, au delà duquel l'œuf ne peut plus être consommé, est aussi impossible à préciser que vis-à-vis des œufs crus[3]. Tout ce que ses expériences permettent de dire, c'est que l'altération des œufs durs est environ quatre fois plus rapide que l'altération des œufs crus. La différence peut-elle s'accentuer quand, pour préparer les œufs durs, on emploie des œufs déjà altérés? Les expériences de M. Lindet n'ont rien donné de précis, mais il n'est pas invraisemblable que les microbes nouveaux venus dans l'œuf altéré cuit trouvent un meilleur terrain de culture, plus riche en matières azotées non coagulées, peptonisées à la suite de la première altération.

1. *Compte rendu des Séances*, t. XXII, n° 23, p. 400; 13 oct. 1916.

1. Ni avec des œufs conservés à l'eau de chaux, car chez ceux-ci une certaine quantité d'eau rentre par endosmose dans la chambre à air, et l'œuf éclate à la cuisson. Cependant, certains négociants les cuisent quand même, après avoir percé la coquille à chacun des bouts avec une aiguille, pour laisser échapper la vapeur.

2. Certains de nos prisonniers en Allemagne ont fait de ce phénomène la triste expérience : leurs familles, se basant sur les principes généraux de la microbiologie, avaient cru bien faire en leur expédiant des œufs cuits durs qui sont arrivés gâtés, alors que des camarades recevaient des œufs crus partis de France à la même époque et parfaitement mangeables.

3. On peut estimer toutefois en moyenne que des œufs crus sont encore mangeables 4 à 6 semaines après la ponte, et que des œufs cuits ne sont plus mangeables au bout de 8 à 10 jours après la cuisson.

LES LABORATOIRES NATIONAUX DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE[1]

Toutes les grandes nations industrielles, à l'exception de la France, possèdent des laboratoires nationaux de recherche scientifique systématiquement orientés vers l'étude des problèmes techniques ; ces laboratoires ont exercé une action féconde sur le développement économique de nos concurrents. En Angleterre, le National Physical Laboratory, créé sur l'initiative du professeur Glazebrook, son directeur actuel, de lord Rayleigh, de Sir Robert Hadfield, et placé sous le contrôle de la Société royale de Londres, a pris rapidement un grand développement. En outre, depuis la guerre, le Parlement a voté une subvention annuelle dépassant 1 million de francs pour les encouragements à la recherche scientifique. Aux États-Unis, le Bureau of Standards dispose de crédits plus considérables encore. D'autre part, le Ministère de l'Agriculture, à Washington, et les divers États consacrent annuellement près de 20 millions à l'entretien de laboratoires et de stations expérimentales travaillant à des recherches de science agricole. Enfin la fameuse Institution Carnegie, fondée au capital de 100 millions, a créé des centres d'étude devenus célèbres par la publication de travaux scientifiques de tout premier ordre. En Allemagne, le Physikalische Reichsanstalt a été organisé sous l'impulsion de Werner Siemens ; plus récemment, le Technische Reichsanstalt a pris une situation considérable sous la direction du professeur Martens ; aujourd'hui enfin, la Wilhelm Gesellschaft fonde de nombreux Instituts de recherche, grâce à une subvention de 30 millions versée à l'empereur par les grands industriels allemands.

La France ne peut pas continuer à se désintéresser de ce mouvement scientifique. Dans le passé, elle a pendant longtemps gardé l'initiative de toutes les études tendant à appliquer les découvertes scientifiques au progrès de l'industrie. Faut-il rappeler les travaux de Vicat sur les ciments, point de départ de l'industrie des produits hydrauliques dans le monde entier ; les recherches de céramique inaugurées par Brongniart à la Manufacture de Sèvres et si brillamment continuées par Salvetat, Ebelmen et Vogt ; les études de Regnault sur les propriétés de la vapeur d'eau, titre de gloire inoubliable pour les laboratoires du Collège de France, ou encore les travaux de science agronomique effectués au Conservatoire des Arts et Métiers par Boussingault et Schlœsing. Dans l'industrie privée, le laboratoire de la Compagnie parisienne du Gaz, créé sur les indications de Regnault, et dirigé successivement par Audoin et Émile Sainte-Claire Deville, nous a longtemps maintenus à la tête de tout progrès dans l'éclairage au gaz. Les recherches sur les alliages métalliques, dirigées et subventionnées par la Société d'Encouragement à l'Industrie nationale, sont partout citées avec honneur. Mais, aujourd'hui, tous ces centres de recherche sont en sommeil.

Des savants isolés continuent certainement à s'intéresser aux recherches de science industrielle : les travaux de MM. Mesnager, Rabut sur le ciment armé, de MM. le duc de Guiche, Eiffel sur la résistance de l'air, Frémont sur les machines-outils, etc., font grand honneur à la France, mais ce sont des initiatives individuelles ; elles s'exercent en dehors de toute organisation permanente assurant la continuité des recherches et cesseront lors de la disparition de leurs auteurs.

Le rôle prépondérant des sciences expérimentales dans le développement de l'Industrie est aujourd'hui un fait hors de discussion. Sans l'intervention directe de la Science, il faut se contenter de copier ses voisins et d'entretenir une industrie languissante. La plupart des progrès si rapides de ces cinquante dernières années sont dus à l'emploi des méthodes scientifiques de travail. Le laboratoire est devenu un des organes les plus indispensables de l'usine moderne. Faute de l'avoir compris, nous nous sommes, dans le passé, laissé devancer par nos concurrents étrangers. Puisse cette leçon ne pas être perdue. Après la guerre, nos industriels voudront certainement rattraper le temps perdu. Mais les laboratoires d'usine ne suffisent pas ; de nombreux problèmes nécessitent pour leur étude des installations plus complètes. Les laboratoires nationaux doivent répondre à

1. A la suite d'une communication de M. Henry Le Chatelier à l'Académie des Sciences le 1er mai dernier, sur « la science dans ses rapports avec le développement économique du pays », où l'auteur demandait à notre grand corps savant de « mettre à l'étude toutes les mesures tendant à accroître la participation de la Science à notre développement économique », l'Académie avait nommé une Commission, composée de MM. Jordan, président, Lippmann, Emile Picard, d'Arsonval, Haller, A. Lacroix, Tisserand et H. Le Chatelier, chargée d'étudier « les moyens de développer l'action extérieure de l'Académie ».

Au nom de cette Commission, M. H. Le Chatelier vient de déposer un premier Rapport, sur « Les Laboratoires nationaux de recherche scientifique », que nos lecteurs nous sauront gré de reproduire ici à cause de l'importance de la question qu'il soulève. Il rentre tout naturellement dans le programme de notre enquête : *Comment développer l'industrie française après la guerre ?* (Voir les numéros de la *Revue* depuis le 15 mars 1916).

ce desideratum. L'emploi de la méthode expérimentale demande souvent l'usage de procédés de mesure perfectionnés et très délicats, difficiles à introduire dans les usines particulières. D'autre part, les dépenses relatives à certaines questions d'intérêt général doivent légitimement être supportées par l'ensemble des contribuables.

Enfin, l'absence d'organisations consacrées à l'étude des problèmes d'intérêt général nous a souvent mis vis-à-vis de l'étranger dans un état d'infériorité regrettable. En 1908, lors de la Conférence de Londres, instituée en vue de la revision des étalons électriques, la France faillit être écartée des recherches internationales projetées, faute d'avoir un laboratoire national autorisé pour collaborer à ces études. Il fallut attribuer au Laboratoire de la Société internationale des Électriciens un caractère gouvernemental fictif, pour lui permettre de nous représenter utilement.

Pour la même raison, beaucoup de méthodes de mesure employées dans nos laboratoires d'essais sont d'origine étrangère. Les essais de ciment se font avec la briquette Michaëlis (Allemagne), avec la sonde Tetmajer (Hongrie), etc. On a récemment adopté, à la suite d'une entente internationale, un procédé d'essai des métaux, dit *des barreaux entaillés*, d'origine exclusivement française ; mais son adoption a été votée au Congrès de Copenhague, sur le rapport d'un des directeurs des Etablissements Krupp, rapport présenté au nom d'une Commission d'ingénieurs allemands et appuyé sur des expériences faites au laboratoire de Gross Lichterfeld. Nous n'avions pas eu le moyen de mettre nous-mêmes cette question au point.

*
* *

L'étude des procédés de mesure servant aux essais des matériaux et des machines, le choix des grandeurs à mesurer pour définir les qualités des matériaux appartiennent aux laboratoires nationaux; cette fonction leur est dévolue dans tous les pays étrangers. Pour étudier utilement ces méthodes de mesure, très improprement appelées *méthodes d'essai* (ce terme est une réminiscence de l'empirisme et de l'alchimie des siècles passés), il faut avoir l'occasion d'exécuter assez fréquemment ces essais et bien en posséder la pratique. Cependant, leur réalisation habituelle n'est pas une fonction essentielle des laboratoires nationaux. Les essais courants doivent normalement être faits dans les laboratoires d'usine ou dans des laboratoires particuliers. En cas de désaccord, il appartient aux laboratoires nationaux de départager les laboratoires privés. Jamais cependant les dépenses de ces études, faites au profit d'intérêts particuliers, ne doivent être supportées par les contribuables. Au National Physical Laboratory, toutes les recherches privées sont taxées à un chiffre supérieur de 50 pour 100 aux dépenses réellement occasionnées et cet excédent de recettes est appliqué à des recherches d'intérêt général.

La fonction essentielle des laboratoires nationaux est de se livrer à des recherches scientifiques d'intérêt général pour l'industrie, mais ne pouvant pas rapporter de bénéfice immédiat, ou encore à des recherches intéressant un grand nombre d'établissements industriels distincts, la réalisation parallèle des mêmes recherches dans toutes les usines devant entraîner des dépenses inutiles. Comme exemple de recherches d'intérêt général, à réalisations lointaines, on peut mentionner les études sur la constitution des métaux et alliages poursuivies très activement aujourd'hui dans les trois grands laboratoires de Londres, Washington et Berlin ; les recherches sur la constitution des ciments hydrauliques poursuivies à Washington et à Berlin. La connaissance plus complète de ces matériaux, d'un usage si fréquent, est certainement avantageuse à l'industrie en général, sans se traduire pour cela par la découverte de nouveaux produits vendables. Il en est de même des recherches poursuivies dans différents laboratoires de l'Institution Carnegie, par exemple celles du Geophysical Laboratory, sur la constitution des silicates de l'écorce terrestre et des laitiers industriels, ou celles du Nutrition Laboratory, sur l'alimentation des êtres vivants, etc.

Parmi les recherches d'une application plus immédiate, intéressant à la fois un grand nombre d'établissements similaires, on peut mentionner les études effectuées au Laboratoire anglais sur les outils en acier à coupe rapide, sur les propriétés et la fabrication des alliages légers d'aluminium, sur les meilleures formes des carènes de navires de commerce, sur les toiles et enduits servant à la construction des aéroplanes et des ballons, etc.

Le Laboratoire de Londres, et certainement aussi celui de Berlin, mais nous manquons de renseignements sur les travaux récents de ce dernier, ont rendu, depuis le commencement de la guerre, des services inappréciables à leur pays. Le Laboratoire de Londres, indépendamment d'études encore tenues secrètes, a mis au point la fabrication de la verrerie de laboratoire, généralement importée d'Allemagne avant la guerre ; il a précisé les dimensions des canalisations nécessaires sur les navires de guerre

pour la circulation des différents pétroles employés au chauffage des chaudières ; il l'a fait par des mesures de grande précision sur les coefficients de viscosité des divers carbures d'hydrogène et sur leur variation en fonction de la température ; il a étudié les appareils d'optique employés pour le réglage du tir de l'artillerie, etc. Il est malheureusement trop facile, au contraire, de montrer les inconvénients graves occasionnés chez nous par l'absence d'une organisation semblable. Nous en sommes encore à chercher comment faire étudier la verrerie de laboratoire fabriquée en France. De ce fait, nos industriels se trouvent en retard de plus d'un an sur leurs concurrents anglais. Pour le réglage de nos fours céramiques, nous employions des montres, dites de Seger, fabriquées en Allemagne et étalonnées dans les laboratoires de ce pays. Nous pourrions en fabriquer, mais nous ne savons où les faire étalonner. De même pour les produits réfractaires et surtout les briques de silice. Nous les faisions venir, pour la majeure partie, de l'étranger et aujourd'hui, faute d'une installation pour en contrôler les propriétés, nous n'arrivons pas à mettre notre fabrication au point. Bien d'autres exemples intéressant plus directement la défense nationale doivent pour le moment être passés sous silence.

Les recherches poursuivies dans ces laboratoires nationaux diffèrent complètement de celles des laboratoires scientifiques proprement dits. Elles ne visent pas à découvrir des faits nouveaux, mais à préciser par des mesures multiples des faits connus d'une façon seulement qualitative. La fabrication des montres Seger, par exemple, n'exige aucune découverte ; on connaît depuis longtemps le fait de l'abaissement du point de fusion du kaolin par l'addition de bases alcalines ou alcalino-terreuses. Il faut seulement déterminer, par des mesures très précises, le nombre de degrés correspondant à des additions déterminées de fondant. Ce sont là des expériences fastidieuses, demandant la répétition des mêmes mesures sur des mélanges de composition progressivement variables. Les savants indépendants, travaillant dans leurs laboratoires personnels, ne se consacrent pas volontiers à des recherches semblables. Elles n'en sont pas moins de première importance. Les laboratoires organisés pour leur réalisation rendent à l'industrie et même à la science des services égaux, parfois supérieurs à ceux des laboratoires orientés vers la seule découverte des faits nouveaux. En tout cas, les domaines propres à ces deux catégories de laboratoires sont entièrement distincts.

* * *

L'étude des détails d'organisation des laboratoires de recherche a une grande importance pour en assurer le bon rendement. Le personnel doit avant tout être rompu aux méthodes scientifiques de travail. Cela est indispensable du moment où le but essentiel de ces laboratoires est d'appliquer aux problèmes de la pratique les ressources les plus complètes de la Science. On pourrait être tenté d'attribuer aux connaissances techniques une importance égale à celle des connaissances scientifiques, de placer sur le même rang l'ingénieur praticien et le savant de métier. Ce serait là une erreur complète. Un savant peut très rapidement s'assimiler les connaissances pratiques utiles, mais la réciproque n'est pas vraie. Un ingénieur d'usine arrivera difficilement, et peut-être jamais, à s'assimiler l'usage des méthodes précises de mesure, s'il n'en a pas fait une étude approfondie dès sa jeunesse. L'exemple des laboratoires étrangers est là pour le prouver ; le cas du National Laboratory de Londres est à ce point de vue tout à fait topique. Son directeur, le professeur Glazebrook, est un professeur de Physique connu par des travaux d'optique théorique ; le Conseil de ce laboratoire est composé pour moitié de membres de la Société royale de Londres et il est présidé par le président de la Société royale, c'est-à-dire depuis la fondation du laboratoire par Lord Rayleigh, Sir Archibald Geikie, Sir William Crookes et aujourd'hui par J.-J. Thomson. Malgré cette orientation exclusivement scientifique, ce laboratoire a su gagner complètement la confiance des industriels. Ceux-ci n'hésitent pas à le charger à l'occasion de la mise au point de procédés de fabrication ; cela sort pourtant un peu des attributions normales d'un laboratoire de recherche scientifique.

Pour la direction efficace d'un semblable laboratoire, il faut, à des connaissances scientifiques très étendues, joindre une forte dose de bon sens. Des influences puissantes tendent en effet constamment à détourner l'attention des problèmes les plus importants. Chaque savant, directeur ou chef de service, a ses préférences personnelles, et il lui faut résister à la tentation de sacrifier l'intérêt général à son point de vue particulier. Les industriels, d'autre part, recommandent trop souvent des recherches d'un intérêt douteux ou présentant des difficultés insurmontables de réalisation. Un laboratoire national de recherche a constamment à se défendre contre ces influences perturbatrices ; son succès dépend avant tout du choix des questions mises à l'étude. Il n'est pas possible, d'autre part, de chercher à éviter

ces difficultés en délimitant rigoureusement à l'avance le champ d'activité du laboratoire, car son programme dépend nécessairement de conditions tous les jours variables. Lors de la création du National Laboratory, personne ne pouvait prévoir son rôle capital en temps de guerre.

En dehors du choix du personnel, un second détail d'organisation également important est la division du laboratoire en services distincts. Sur ce point, il est plus difficile encore de formuler des prescriptions générales; il faut dans une large mesure tenir compte de conditions extérieures au laboratoire. Un premier point à trancher est celui de la répartition de l'ensemble des recherches de science industrielle; faut-il les grouper dans un seul établissement ou les diviser entre une série de laboratoires indépendants? C'est aujourd'hui un usage général de séparer les laboratoires de science agronomique de ceux de science industrielle proprement dite. Peut-être y aurait-il lieu de prévoir un troisième laboratoire consacré aux industries chimiques, surtout aux industries organiques. L'industrie du papier, par exemple, est rattachée tantôt au laboratoire de mécanique (Allemagne), tantôt au laboratoire d'agriculture (Etats-Unis). En Allemagne, les sciences industrielles proprement dites ont deux laboratoires : le Technische Reichsanstalt chargé des industries mécaniques et de certaines industries chimiques (métallurgie, ciments et papier); le Physikalische Reichsanstalt s'occupant des études relatives à l'électricité, la chaleur et l'optique.

Dans chaque laboratoire, il y a lieu de prévoir en outre des divisions intérieures. On séparera les sciences nécessitant l'usage d'appareils de mesure tout à fait distincts. Le maniement de ces divers appareils ne peut pas être également familier à chaque savant ou opérateur du laboratoire. On a ainsi les cinq sections de métrologie, mécanique, électricité, optique et chaleur. On pourrait même isoler l'une ou l'autre de ces sections pour en faire des laboratoires distincts; certaines situations de fait peuvent justifier cette mesure.

Cette division théorique par catégorie de science n'est jamais complètement respectée dans la pratique; on se trouve généralement conduit à créer des sections spéciales correspondant non plus à une science élémentaire déterminée, mais à une technique particulière, nécessitant pour son étude complète l'emploi simultané de différentes méthodes de mesure. Dans tous les pays étrangers, il y a une section de métallurgie; il y a parfois aussi, comme en Allemagne, une section des ciments et une section des papiers, ou, comme en Angleterre, une section pour l'étude des carènes de navires. Enfin, certaines vérifications exécutées par grande quantité à la fois, comme celles des alcoomètres, des thermomètres médicaux, seront groupées, avantageusement au point de vue de l'organisation du travail et de l'économie de la main-d'œuvre, en subdivisions spéciales de telle ou telle section. Mais toutes ces sections et subdivisions supplémentaires doivent être créées seulement au fur et à mesure des besoins reconnus.

***

Les considérations précédentes montrent la nécessité urgente de créer en France un Laboratoire national de recherche scientifique.

En se bornant actuellement aux recherches de Physique et de Mécanique, ce laboratoire pourrait être placé sous le contrôle de l'Académie des Sciences, comme le National Physical Laboratory est placé sous le contrôle de la Royal Society. Ces deux institutions comptent dans leurs membres des savants d'origine très diverse et des compétences variées. Ainsi serait réalisé le désir si souvent formulé d'une alliance étroite entre la science et l'industrie. L'Académie ne peut manifestement diriger elle-même une telle institution. La direction en serait confiée à un Conseil composé de membres nommés par l'Académie des Sciences, de représentants des divers ministères et de délégués des grands syndicats industriels. Un Comité technique, peu nombreux, serait chargé de contrôler l'activité du laboratoire, de choisir les sujets d'études et d'arrêter les propositions relatives au recrutement du personnel. Un projet sommaire annexé à ce Rapport précise le mode de fonctionnement du laboratoire et de nomination du personnel.

Henry Le Chatelier,
Membre de l'Académie des Sciences,
Professeur à la Sorbonne.

Après discussion de ce Rapport, l'Académie des Sciences a adopté le vœu suivant :

« *L'Académie des Sciences, convaincue de la nécessité d'organiser en France, d'une manière systématique, certaines recherches scientifiques, émet le vœu de voir créer un Laboratoire national de Physique et de Mécanique, chargé spécialement de poursuivre des recherches scientifiques utiles au progrès de l'industrie.*

« *Comme cela existe dans d'autres pays, ce Laboratoire serait placé sous la direction et le contrôle de l'Académie des Sciences.*

« *La direction générale de ce laboratoire serait*

confiée à un Conseil composé pour moitié de savants désignés par l'Académie, pour un quart de représentants des grandes Administrations de l'Etat, pour un quart de délégués des principaux syndicats industriels. Ce Conseil serait présidé par le Président de l'Académie et nommerait son vice-président; il ferait chaque année un rapport à l'Académie sur l'état des travaux du laboratoire. Ce Conseil confierait à un Comité technique peu nombreux, choisi parmi ses membres, le soin de contrôler l'activité du laboratoire, d'arrêter les sujets d'études et de faire des propositions pour le recrutement du personnel. Le président de ce Comité serait choisi par le Conseil.

« *Dans le cas où l'on jugerait utile de rattacher au Laboratoire national certains laboratoires de l'Etat aujourd'hui existants et faisant des essais ou des études d'ordre industriel, ces laboratoires seraient considérés comme des filiales du Laboratoire national. Une coordination intime devrait alors être établie dans le fonctionnement de ces divers organismes. Il pourrait en être de même, s'ils le désiraient, de certains laboratoires privés actuellement existants ou à fonder. Ces filiales auraient chacune un représentant dans le Conseil en sus des membres prévus plus haut.*

« *Une subvention importante devrait être prévue tant pour le fonctionnement du laboratoire que pour l'aide à donner aux établissements qui se grouperaient autour de lui.* »

LA PHOSPHORESCENCE ET LA PHOTOTROPIE DES SYSTÈMES INORGANIQUES[1]

Depuis 1896, j'ai consacré une grande partie de mon temps à l'étude de la production des phénomènes de phosphorescence et de phototropie sur des corps et des systèmes inorganiques, dont j'ai varié le plus possible les conditions de formation, les méthodes de préparation, et jusqu'à la constitution même. J'ai essayé de fixer les actions si diverses de la lumière sur les corps et leur rapport avec les différentes manières dont les systèmes sont formés, dans le but de préciser la part qui revient aux réactions chimiques dans la photoluminescence et la phototropie et d'élucider le mécanisme particulier des actions photochimiques. Je dois reconnaître que, malgré les résultats expérimentaux accumulés, je ne suis pas encore en mesure de formuler une doctrine, ni même de donner une loi générale des phénomènes, tant certains détails essentiels ont peu de rapports entre eux.

La lumière agit sur certains corps, soit en les faisant changer de couleur pendant la durée de son action, avec retour ultérieur à la coloration primitive, soit en les rendant lumineux pendant un court instant, soit en les rendant phosphorescents pendant un certain temps, donnant lieu ainsi aux phénomènes de *phototropie*, *fluorescence* et *luminescence*.

Chacun de ces phénomènes a ses caractéristiques essentielles; mais il y a, dans chaque catégorie, de nombreuses variétés, qui les raccordent les uns aux autres. En se basant sur les ressemblances et les points de contact entre les trois phénomènes ci-dessus, on a voulu les considérer comme des manifestations distinctes d'un même fait fondamental, qui dépend plutôt de l'état d'agrégation moléculaire que de la nature des substances qui le présentent. C'est dans ce sens que certains physiciens admettent que la fluorescence est propre à l'état liquide, tandis que la phosphorescence le serait de l'état solide. Par ailleurs, les faits ne manquent pas non plus qui conduisent à admettre, pour chacun des trois phénomènes, une individualité parfaite, malgré l'analogie, voire la coexistence, qu'ils offrent parfois dans un même corps.

Je n'ai jamais eu la prétention de résoudre le problème des causes des modifications moléculaires que nous voyons représentées dans les changements de couleur, ou dans une émission spéciale de lumière; moins encore j'ai cherché à établir une certaine théorie, d'ordre chimique, de la photoluminescence. Cependant, après mes expériences, je n'ai pu me soustraire, ni à l'examen quantitatif des faits, ni à certaines conceptions théoriques, qui m'ont porté à énoncer, pour la phototropie, une certaine loi, analogue à la loi dite de l'optimum pour la phosphorescence. En le faisant, j'ai obéi à l'aspiration, si légitime et humaine, de vouloir se rendre un compte exact et d'expliquer tout ce que nous observons. J'ai tâché, d'abord, d'obtenir de nombreuses séries de corps phosphorescents, avec les matériaux les plus variés, mais dont la base a été toujours les sulfures de baryum, de strontium et de

1. Adapation d'une Conférence faite au Congrès de Valladolid de l'association espagnole pour l'Avancement des Sciences.

calcium. C'est dans cette voie que j'ai trouvé la phototropie des systèmes inorganiques, que j'ai dernièrement étudiée.

Ensuite, j'ai voulu apprécier les différences de l'impressionnabilité par la lumière, celles des colorations, dans leurs rapports avec la nature des matières considérées comme actives dans chaque système, la durée du phénomène, sa persistance, et très spécialement l'influence des méthodes et des circonstances de l'obtention des systèmes, surtout de la température. Plus tard, je me suis préoccupé de déduire, de l'ensemble des faits observés, la structure des substances phosphorescentes, et les relations de leurs composants, en considérant la phosphorescence, dans tous ses aspects et variétés, comme un phénomène moléculaire. M'élevant encore plus haut, j'ai voulu expliquer l'émission de la lumière froide, en l'attribuant à un changement réversible, de nature absolument chimique. De telles hardiesses théoriques n'ont que la valeur d'approximations ; mais, appuyées sur des faits directement observés, elles ne sont pas dépourvues de quelque fondement. Non seulement elles ont été la cause de nouvelles recherches plus précises, mais encore elles m'ont été utiles, lorsque j'ai voulu me rendre compte de la nécessité de certaines circonstances que doivent réunir les matières impressionnables par la lumière pour être phosphorescentes, en premier lieu la couleur blanche ou quelque peu grisâtre de la masse.

Je ne saurais traiter ici de tous les problèmes et de tous les aspects que la phosphorescence et la phototropie embrassent, ni des théories, si variées, qu'on en a données. Je me bornerai à signaler quelques expériences personnelles, que je crois d'une certaine importance, et à indiquer les conséquences les plus remarquables que j'en ai tirées, et qui ajoutent quelque chose de nouveau à nos connaissances.

I

Dans toutes les expériences que j'ai réalisées, j'ai employé, comme matières luminescentes, les monosulfures alcalino-terreux de baryum, de strontium ou de calcium, mais jamais purs, parce que, dans un tel état, ils ne sont pas sensibles aux actions de la lumière, ni donc impressionnables par aucune de ses radiations. En réalité, la matière phosphorescente n'est pas un sulfure, mais l'agrégat, souvent complexe, qui le contient, et qui doit être formé d'une manière spéciale, à haute température, et dans des conditions particulières, desquelles, selon toute apparence, dépend sa sensibilité, plus ou moins considérable, aux actions de la lumière.

Pour montrer l'influence des conditions de préparation, je citerai une expérience, faite au début de mes travaux. J'essayais d'obtenir du sulfure de baryum phosphorescent, en réduisant, par le charbon, du sulfate de baryum impur. J'avais pris toute sorte de précautions pour faire la réduction, mais le produit qui en résulta, blanc, très peu grisâtre, était absolument insensible à la lumière. Je le chauffai de nouveau, à température plus haute, vers 1.000°, et alors j'obtins un produit impressionnable, doué de phosphorescence, intense et jaune. On peut étendre encore l'influence de la température en chauffant, ce qui permet, dans quelques cas, de changer la couleur de la phosphorescence ; j'ai pu ainsi obtenir du sulfure de calcium avec une phosphorescence violette, verte ou jaune, selon les cas, et du sulfure de strontium vert ou violet, dans les mêmes conditions expérimentales.

Il était à désirer que la loi expérimentale de telles variations fût établie, en marquant les limites entre lesquelles elles se produisent. Dans cette intention, j'ai fait de nombreux essais, sans arriver à une conclusion définitive. Et je n'ai pas mieux réussi en cherchant à établir un rapport entre la température de formation des sulfures et la couleur et l'intensité de leur phosphorescence. Les résultats des expériences ont été toujours contradictoires ou incertains ; je peux seulement affirmer que, avec les mêmes méthodes d'obtention, le sulfure de calcium devient phosphorescent à une température inférieure à celle qui est nécessaire pour le sulfure de strontium, et que celui de baruym a besoin, pour devenir phosphorescent, de températures plus élevées que les deux autres. Pourtant, il ne faut pas croire qu'il suffise de chauffer un sulfure alcalino-terreux, ou de le préparer avec les impuretés nécessaires, à température très élevée, pour qu'il devienne phosphorescent. Bien au contraire ; maintes fois j'ai chauffé ces singuliers corps, avec le dessein de les obtenir doués d'une plus grande activité, et ils sont devenus inertes et insensibles, malgré toutes les précautions prises pour les soustraire aux oxydations profondes ou à d'autres transformations du système formé. D'autres fois, par contre, il suffit de chauffer, dans des atmosphères inertes, les sulfures qui ont perdu, pour n'importe quelle cause, leur phosphorescence, et, si l'oxydation n'est pas très avancée, ils recouvrent souvent leur sensibilité à la lumière, telle qu'ils la possédaient auparavant.

La seule règle positive et constante qu'on

puisse établir pour la préparation des sulfures phosphorescents, avec un vrai caractère de généralité, c'est la nécessité de la présence, dans tous les cas, de certaines matières, constituées par des métaux lourds en quantités minimes, disséminées, avec la plus grande uniformité possible, dans la masse des corps qui réagissent pour former le sulfure. J'ai utilisé la réduction, par le charbon, des sulfates correspondants, avec des résultats très variés; j'ai essayé de traiter avec de la vapeur de soufre, ou avec le gaz sulfhydrique très sec, les oxydes fortement chauffés, et de décomposer, par la chaleur, les sulfites et les hyposulfites ; j'ai essayé l'action de la fleur de soufre sur les carbonates à haute température. Il m'a fallu, dans tous les cas, ajouter, aux matières premières, de très petites proportions de substances métalliques, n'excédant souvent pas quelques dixièmes de milligramme. Beaucoup de recherches ont été effectuées sur ce point, et nous connaissons actuellement nombre de formules pour obtenir des corps phosphorescents avec les sulfures de baryum, de strontium ou de calcium, contenant des impuretés métalliques.

On a voulu établir des rapports entre l'intensité et la couleur de la phosphorescence et la nature des métaux ajoutés lors de la formation du sulfure, et dans cette voie on est arrivé à des complications excessives et tout à fait inutiles, croyant que les colorations de la phosphorescence sont propres à tels mélanges, ou tels métaux. S'il en était ainsi, l'antimoine devait produire des phosphorescences rouges, et j'en ai obtenu de vertes. On a cru également que la complication des mélanges ajoutés aux sulfures était la cause de leur plus grande sensibilité, et de l'intensité plus grande de la phosphorescence. Or, dans l'abondante série de mes expériences, j'ai obtenu avec les systèmes les plus simples les meilleurs effets, et je ne comprends pas la nécessité de mélanger des matières si variées, lorsque, sans aucune de ces complications, on peut obtenir des corps doués de la plus haute sensibilité pour la phosphorescence.

Pour le démontrer, je mentionnerai un sulfure de calcium préparé il y a quatorze ans; il est doué d'une telle sensibilité pour la lumière, qu'il suffit de l'exposer une seconde à son influence, sans insolation, pour qu'il devienne brillant dans l'obscurité, avec la phosphorescence la plus intense, de couleur violet foncé, pendant près d'une heure. Et, malgré le temps écoulé depuis sa préparation, il conserve sa propriété, si notable, sans la moindre altération. Je l'avais obtenu avec du carbonate de calcium, absolument pur, sans la moindre trace de fer, en y ajoutant un seul milligramme de silice pour cent grammes de carbonate, et la proportion convenable de fleur de soufre, et en chauffant, dans un creuset couvert, à la température de 900°, pendant quatre heures de suite, suivies d'un lent refroidissement. Un système si simple produit des effets admirables.

Après beaucoup d'essais, je suis parvenu à établir une méthode efficace pour le mélange de ce que j'appelle, pour le moment, des impuretés — mais qui, nous le verrons plus tard, sont des substances indispensables pour la phosphorescence — avec la matière première du sulfure, qui a été, généralement, le carbonate correspondant, précipité, très blanc, pur et sec. La méthode consiste à employer des solutions très diluées de ces substances, dans l'eau ou l'alcool : avec ces dilutions, on imprègne tout le carbonate et on sèche au bain-marie, sans cesser de remuer la masse. On mélange ensuite avec la quantité calculée de fleur de soufre et on chauffe, dans un creuset de terre ou de porcelaine, en recouvrant le mélange d'une couche d'amidon en poudre fine. L'expérience m'a démontré l'utilité de la présence de très petites proportions de matières alcalines, surtout du carbonate et du chlorure de sodium, dans la masse de réaction, qu'on peut ajouter au moment de l'imprégnation du carbonate par la substance métallique. Je ne crois pas les matières alcalines indispensables, mais seulement convenables ; au moins dans certains cas, leur influence, à l'égard de l'augmentation de la sensibilité des systèmes, est bien manifeste. Tel est, en général, le procédé qui m'a permis d'obtenir les nombreuses séries de produits phosphorescents que j'ai étudiés, sans pour cela avoir exclus systématiquement les autres procédés.

Parmi les autres observations personnelles se rattachant à la préparation des sulfures phosphorescents de baryum, de strontium et de calcium, j'indiquerai, premièrement, la nécessité absolue que la masse du sulfure soit blanche, ou bien grisâtre très clair. Si la proportion de soufre employée a été excessive, alors il se forme facilement des polysulfures, surtout avec le baryum ; celui-ci, de couleur verdâtre bien nette, se répand dans tout le système, en le rendant complètement insensible à toutes les catégories de rayons lumineux. La même chose arrive si les composés utilisés comme matières premières contiennent du fer, ou si l'on emploie un excès de métal lourd comme impureté, son sulfure étant noir ou foncé.

Il est important d'insister sur ces questions. A mon avis, le sulfure alcalino-terreux est sensible à la lumière et phosphorescent parce qu'il

est blanc, comme l'est aussi le sulfure de zinc, soit amorphe, soit cristallisé, par exemple dans la blende de Sidot, très sensible à la lumière, et phosphorescente. La couleur blanche des sulfures de baryum, de strontium et de calcium est unie à leur grande pureté, et conditionne, chez eux, une certaine transparence pour les radiations, sans laquelle leur impressionnabilité à l'égard de la lumière ne saurait exister. Nous en avons la preuve directe dans le fait que, en ajoutant à un carbonate de strontium très pur une quantité très petite de chlorure de fer — un dixième de milligramme à peu près — et en s'en servant pour préparer le sulfure correspondant, celui-ci n'est ni blanc, ni phosphorescent, tandis que, si on exclut le fer, il est blanc et très phosphorescent. De même, si nous faisons en sorte qu'il se produise des polysulfures, ou bien si nous employons des quantités supérieures à un demi-centigramme (pour cent grammes du carbonate) d'impuretés telles que le bismuth ou le cuivre, sous forme de chlorures ou d'azotates, jamais les produits résultants ne sont blancs ni phosphorescents ; on obtient des masses inertes aux influences directes et continues de la lumière. De ces expériences, maintes fois répétées, on peut conclure à la nécessité d'opérer avec des masses blanches, ou bien de nuances très claires, transparentes pour les rayons lumineux, si l'on veut arriver aux plus grands effets.

Quelle est la quantité de substance étrangère nécessaire pour obtenir le maximum de sensibilité à la lumière, d'intensité et de durée de la phosphorescence ? Becquerel et Verneuil ont fait des expériences classiques sur ce sujet. Mes propres essais m'ont amené aux mêmes conclusions que celles établies par Urbain et Bruninghaus, et qui sont le fondement de la loi dite de l'optimum. En employant toujours la même méthode pour obtenir les sulfures phosphorescents, et en essayant, en qualité d'impuretés, les substances métalliques les plus variées, sous forme de chlorures, azotates ou sulfates, j'ai vu qu'il existe une certaine relation entre le maximum de la sensibilité des produits, la plus grande intensité et durée de la phosphorescence, d'une part, et les proportions de l'impureté, d'autre part ; on arrive à l'optimum de ces deux qualités avec une certaine proportion de ces substances, au delà de laquelle, en plus ou en moins, l'effet change.

Pour montrer les sensibilités relatives des différents sels métalliques, j'ai opéré comme suit : on mélange des quantités variables de chacun d'eux, depuis un centigramme jusqu'à un dixième de milligramme, chaque fois avec cent grammes de carbonate de strontium précipité, suivant la méthode d'imprégnation que j'ai décrite. On ajoute de la fleur de soufre, un peu en défaut, et parfois avec de très petites proportions de carbonate et de chlorure de sodium ; puis, on soumet le mélange, couvert d'une couche de poudre d'amidon, dans un creuset de terre, à la température de 1000° à peu près, maintenue pendant cinq heures, et on laisse refroidir lentement, à l'intérieur même du four. Les proportions nécessaires pour arriver à l'optimum varient avec la nature des métaux essayés ; dès l'abord, j'ai pu confirmer la supériorité du bismuth, particulièrement quand il s'agissait du sulfure de strontium. En suivant mon procédé, et en employant seulement un demi-milligramme pour cent grammes de carbonate, j'ai obtenu de magnifiques effets, d'une durée surprenante ; la phosphorescence, de couleur vert clair, est si persistante que, depuis dix-huit ans, les sulfures possèdent le maximum de sensibilité avec le maximum d'intensité de leur phosphorescence, sans rien perdre.

Toutefois, le bismuth est loin d'être l'unique métal doué de qualités aussi singulières ; d'autres les possèdent également à un haut degré. Je crois avoir été le premier à les observer et à les étudier sur le manganèse. Lecoq de Boisbaudran avait noté, déjà en 1886, certaines propriétés fluorescentes du manganèse, mais ses recherches sont bien différentes des miennes de 1899, sur le manganèse comme matière active des sulfures phosphorescents de strontium, préparés selon mes procédés. Il est, pour moi, du plus grand intérêt de le rappeler, parce que les sulfures de calcium, où j'ai vu d'abord la phototropie, avaient été préparés avec des matières premières qui contenaient du manganèse.

Je note encore un fait, observé plusieurs fois dans mes travaux, et que j'ai publié déjà en 1897, après l'avoir bien contrôlé. Il m'arriva parfois d'extraire des creusets des masses blanches et de les introduire immédiatement dans des flacons bien fermés, pour les préserver de l'humidité et de l'action oxydante de l'air. Ces corps, quoique sensibles à la lumière, et impressionnables, dans une certaine mesure, ne sont pas phosphorescents avec l'intensité qu'on devrait supposer ; mais, si, avant de les mettre dans les flacons, on les soumet, pendant quelques minutes, à l'action de l'air, pour leur faire subir un commencement d'oxydation, alors la phosphorescence se développe avec la plus grande intensité, et sa durée est très longue et permanente. Pour mieux le démontrer, j'ai conservé, dans des atmosphères inertes, quelques sulfures, qui n'étaient pas

phosphorescents, ni même impressionnables, et qui le deviennent, avec la plus grande intensité, aussitôt qu'ils ont subi un commencement d'oxydation. Celle-ci serait donc nécessaire pour obtenir les meilleurs effets de photoluminescence. Aussitôt que le sulfure a été soumis à l'action de la lumière, on constate également que sa couleur change et qu'il devient rougeâtre ou violacé ; si la lumière n'a pas été suffisamment intense, ou si on le préserve de l'illumination directe, il retourne à sa couleur primitive, blanche ou grisâtre ; mais dès qu'on le soumet de nouveau à la lumière directe, sans que l'insolation soit nécessaire, le changement de couleur se reproduit. C'est précisément le fait fondamental de la phototropie des systèmes inorganiques.

II

On peut bien admettre, comme loi générale, que les sulfures blancs purs ne sont jamais phosphorescents, ni sensibles, d'une manière visible, aux actions de la lumière. Il faut qu'ils aient été mélangés avec des proportions minimes des matières actives les plus variées, puis, après que la masse du sulfure en a été tout imprégnée, portés à une température très élevée, soutenue pendant quelques heures. Cette matière étrangère semble donc être la cause déterminante de leur phosphorescence.

De ce fait dérive la manière générale de considérer la structure des corps phosphorescents. Selon les opinions les plus sérieuses, ceux-ci ne sont pas des agrégats simples ou des mélanges de substances variées, sans aucune relation entre elles ; mais, bien au contraire, des masses complexes, dans lesquelles il faut distinguer deux systèmes principaux. Nous considérons, d'un côté, le sulfure, contenant ou non de très petites proportions de matières alcalines ; de l'autre, le corps qui sert à le rendre impur. Les deux systèmes semblent indépendants, dans une certaine mesure ; mais ils ne doivent pas rester indifférents l'un à l'autre, car la phosphorescence, quant à sa couleur, sa durée et son intensité, dépend des proportions relatives du métal lourd, selon les limites assignées par la loi expérimentale de l'optimum.

Il n'y a aucune difficulté à admettre, à l'intérieur de chaque corps photoluminescent, la coexistence de ces deux systèmes, chacun avec son individualité propre, mais en relation intime de dépendance et d'action mutuelle, dans la production du phénomène. On tire de cette considération la conclusion que tous les systèmes photoluminescents sont de véritables solutions solides, douées de propriétés singulières, déterminées, en dernière analyse, par la conjonction des deux systèmes différents qui les forment. Au point de vue essentiel et purement chimique, on ne connaît rien de bien certain quant à leurs actions. Cependant, on ne saurait nier, fondamentalement, le caractère de phénomène photochimique à la photoluminescence, malgré notre ignorance relative du mécanisme des transformations moléculaires réalisées entre les deux systèmes, lorsque leur ensemble, après avoir reçu l'impression directe de la lumière, devient phosphorescent dans l'obscurité, pendant un certain temps. En apparence, rien n'est changé ; excepté la luminosité, rien n'indique, à l'extérieur, des changements d'ordre chimique, et pourtant nous sommes bien persuadés que des changements moléculaires se sont effectués, et nous prenons toutes les manifestations de la phosphorescence comme des phénomènes moléculaires. J'examinerai brièvement ce qui se rattache à la structure des systèmes photoluminescents, en y ajoutant quelques observations originales suggérées par mes travaux.

Nous admettons que le sulfure blanc, alcalino-terreux, est de nature inerte à l'égard de la lumière, et qu'il ne peut devenir en aucune façon phosphorescent par lui-même. Il lui faut donc être excité par une autre matière, qui lui soit intimement unie ; comme aucune des substances qu'on mélange aux sulfures de baryum, de strontium ou de calcium n'est elle-même phosphorescente, ni sensible aux impressions de la lumière à l'état libre, on doit admettre qu'une telle impression est nécessairement fonction immédiate des relations qui existent entre les deux systèmes. On nomme *matière active* ou *phosphorogène* le composé métallique disséminé dans la masse du sulfure, et ce dernier *dissolvant* ou *diluant*, termes qui indiquent déjà l'intention d'attribuer la partie principale du phénomène à la portion infinitésimale de substance métallique.

Il vient à l'idée que le système du phosphorogène fonctionne à la manière d'un catalyseur, dont les fonctions seraient déclanchées par l'excitation lumineuse, celle-ci provoquant, peut-être, des changements moléculaires, qui, lorsqu'elle cesse d'agir, donneraient lieu à une variation inverse, avec production de la phosphorescence. Dans cette hypothèse, la masse du sulfure serait un dissolvant solide très particulier. J'ai déjà montré, par les phénomènes que j'ai appelés d'*auto-excitation*, comment il suffit qu'une surface quelconque de la masse d'un corps photoluminescent soit excitée pour que l'excitation se propage partout, même aux endroits qui ne sont pas

éclairés ; cette propagation se fait par zones progressives. Et j'ai montré aussi que tous les sulfures excitables à la lumière gardent un résidu très faible de leur altération, lequel s'accumule, et avec le temps devient la cause de l'augmentation de la sensibilité, que j'ai bien mise en évidence par les impressions réitérées. Il suffit, pour bien observer le premier phénomène, d'envelopper avec du papier noir le flacon qui contient un de ces sulfures si excitables, et qui est resté inerte pendant longtemps, et de pratiquer dans l'enveloppe noire une rainure étroite pour le passage de la lumière. En le soumettant, pendant trois minutes, à une illumination directe et intense, et ôtant l'enveloppe du flacon à l'obscurité, on voit que toute la masse brille, avec une phosphorescence intense, quoiqu'une très faible partie ait reçu l'impression directe de la lumière.

Ajoutons qu'on observe, dans certains sulfures phosphorescents, des augmentations bien marquées de leur sensibilité, et aussi que la phosphorescence, loin de s'amoindrir, augmente visiblement, même en cas de début d'oxydation du corps. A mon avis, ce sont des effets des résidus d'excitations et des impressions réitérées. Je conserve un magnifique exemplaire de sulfure de calcium, très blanc, en poudre fine, chaque jour plus excitable, qui, non seulement dans l'obscurité, mais dans un lieu un peu sombre, émet de la lumière, pendant près d'une heure, avec la phosphorescence violette la plus intense, après avoir été excité quelques secondes par éclairement direct. J'en possède un autre, de sulfure de strontium, doué de la plus brillante phosphorescence verte, qui a les mêmes qualités supérieures. Tous les deux sont vieux de dix-huit ans. Dans celui de calcium, la matière active est le bismuth, dans la proportion d'un demi-milligramme pour cent grammes du sulfure, et dans le sulfure de strontium, c'est le manganèse, dans le même rapport, et tous deux contiennent seulement trois milligrammes de chlorure de sodium, et deux milligrammes de carbonate de sodium, pour cent grammes de chaque sulfure, répandus dans leur masse par imprégnation.

La matière active du phosphorogène ne l'est donc pas par elle-même, à l'état isolé, et ce fait la rapproche de certains catalyseurs, de l'ordre photochimique, qui ne jouissent de la propriété d'accélérer la vitesse des réactions, ou de les provoquer et de les continuer, que lorsque la lumière exerce son action sur eux en présence d'autres corps. Dans cette hypothèse, on conçoit la nécessité de la blancheur et de la transparence du dissolvant sulfuré, parce qu'il faut qu'il laisse passer les rayons lumineux qui doivent exercer leur action sur les portions infinitésimales de la matière active, répandue avec une certaine uniformité dans la masse du système. Mais ce qu'on ne s'explique pas sans faire intervenir des réactions chimiques, c'est que les sulfures blancs alcalino-terreux ou celui de zinc, également blanc, soient toujours les seuls dissolvants possibles, et non pas quelque autre substance blanche, sûrement bien moins altérable au contact de l'air. On s'explique moins encore la nécessité de former les solutions solides phosphorescentes en même temps qu'on engendre les sulfures dissolvants, à température assez élevée. C'est ce qui me fait croire que la cause et le mécanisme de ce fait singulier doivent se chercher dans les modes de formation des différents systèmes, et dans les relations physico-chimiques des deux composants de la solution solide.

Puisqu'il s'agit, à la rigueur, de deux systèmes distincts, il faudrait préciser, par des expériences décisives, lequel est vraiment actif, ou bien si l'activité est inhérente à tous les deux, ou à leur conjonction. On admet, ordinairement, que le système impressionnable et sensible à la lumière est le phosphorogène, qui, une fois excité, réagit sur le dissolvant. Une fois le corps porté dans l'obscurité, l'action réversible commence à se produire, et dure jusqu'au rétablissement de l'état primitif ou d'*équilibre*, en provoquant pendant ce temps une phosphorescence intense. Mais une telle hypothèse ne préjuge rien à l'égard des actions moléculaires qui doivent exister, nécessairement, entre les composants de la solution solide, ni sur la nature des transformations réversibles qui se traduisent par des phénomènes lumineux.

D'autres — partisans de la théorie électronique de la phosphorescence — estiment que le système du phosphorogène aussi bien que celui du dissolvant se trouvent dans un véritable état critique de luminosité, que l'excitation la plus petite suffit à briser. Alors, le phosphorogène, appelé dans cette théorie *électronogène*, émet des électrons négatifs, qui, projetés sur le dissolvant, ou *luminophore*, en altèrent l'équilibre et le rendent lumineux, de sorte que le rôle de la matière active serait réduit à celui d'une espèce d'excitateur photogénique. C'est dans l'obscurité qu'on apprécie des changements aussi subtils, grâce à la phosphorescence, réduite, de la sorte, à une manifestation électronique assez complexe. Peut-être une telle hypothèse réussira-t-elle à expliquer d'autres cas de phosphorescence (on sait qu'il y en a plusieurs variétés), en particulier la phosphorescence cathodique; mais je ne

vois pas comment elle s'applique à la photoluminescence, que j'essaie d'expliquer depuis si longtemps. Ce que l'hypothèse électronique fait, c'est qu'elle pose la question dans des termes d'une plus grande clarté, en tant qu'elle prétend la résoudre en fixant les relations de ressemblance et les différentes fonctions du phosphorogène, ou matière active, et du dissolvant, lequel n'est pas considéré comme une chose inerte et presque insensible, comme dans d'autres théories.

Il faut ne pas oublier, et ceci est très important, que tous les systèmes photoluminescents sont des solutions solides diluées, soumises, peut-être, aux lois des solutions liquides diluées. Dans ce cas, nous devons supposer que le corps actif est ionisé et dissocié en ions, et attribuer au dissolvant la qualité de corps ionisant; c'est une autre hypothèse, qui a son fondement rationnel; mais, comme la précédente, elle semble établie plutôt pour les phénomènes, si intéressants, de la phosphorescence cathodique, que pour ceux, plus simples en apparence, de la photoluminescence des sulfures blancs alcalino-terreux. Cependant, on peut tirer quelques avantages de cette hypothèse, à l'égard de cette dernière. Nous savons positivement (loi de l'optimum) qu'il existe une relation numérique déterminable entre l'intensité du phénomène, la sensibilité pour la lumière et la quantité du métal actif contenu dans le système. Au point de vue de l'hypothèse indiquée, on pourrait dire, avec une plus grande correction, que, dans une certaine mesure, numériquement déterminable, la sensibilité du système pour la lumière, donc l'intensité de sa phosphorescence, dépend de la concentration de la matière active du phosphorogène.

Rigoureusement parlant, ni cette manière de voir, ni l'énoncé nouveau ne nous apprennent rien sur la cause et le mécanisme de la photoluminescence. La loi de l'optimum est une bonne loi expérimentale, très utile sans doute, qui signale une limite; mais elle ne rend pas un compte rationnel du fait, ni ne permet de le prévoir. Elle explique moins encore les changements de la couleur des systèmes, sous l'action directe de la lumière, c'est-à-dire les cas de phototropie qui accompagnent souvent la phosphorescence, et même la fluorescence cathodique. D'autre part, l'aspect chimique du phénomène reste sans solution. L'hypothèse ne nous dit rien sur l'état du phosphorogène dans la solution, ni s'il est sous forme de sulfure, ou, comme on le suppose, avec un certain fondement, à l'état d'oxyde intermédiaire, passant instantanément au sulfure sous l'influence de la lumière, pour redevenir oxyde dans l'obscurité, en restituant les propres radiations qu'il avait absorbées — opinion des partisans d'une interprétation purement chimique de la photoluminescence.

Il me semble plus conforme aux phénomènes, comme je l'ai dit, de considérer la matière active, dissoute dans la masse du sulfure, à la manière d'un catalyseur photochimique. Nous savons combien est grande l'activité chimique de la lumière, et considérable son influence, en qualité d'agent accélérateur des réactions chimiques; c'est pourquoi elle est parfois un catalyseur extraordinaire, et les photosynthèses, à présent si nombreuses, en sont la preuve concluante. Au point de vue chimique, le sulfure dissolvant et le métal dissous, dans n'importe quel état de combinaison, sont absolument inertes, de même que d'autres substances, qui attendent l'influence de la lumière pour éprouver des transformations moléculaires, qui se réalisent entre elles. Notons aussi que, dans les phénomènes catalytiques, de très petites quantités d'éléments actifs sont capables de produire de grands changements, et que leur activité n'est pas unie à leur nature; bien au contraire, elle semble dériver de causes extérieures, comme la température, l'état de division mécanique et l'illumination. Les deux dernières appartiennent au phosphorogène, qui pourrait très bien être un catalyseur, dont les actions s'arrêteraient à la phase intermédiaire, reconnue dans presque toutes les actions catalytiques, et qui, par sa condition instable, rendrait le phénomène reversible. Je dois me borner à indiquer l'idée; elle aura, plus tard, ses conséquences et ses développements.

III

C'est en 1907 que j'ai observé, dans un sulfure de calcium préparé selon mon procédé, avec le bismuth pour matière active, dans la proportion d'un demi-milligramme pour cent grammes de carbonate de calcium, le changement de couleur qui caractérise la phototropie, et je crois être le premier à avoir signalé un tel phénomène. Depuis lors, je n'ai pas cessé mes expériences méthodiques sur la phototropie, qui forment plusieurs séries. Le fait du changement de couleur des sulfures blancs, par une intense illumination, est assez général, et il n'est pas incompatible avec la photoluminescence; on l'observe même dans des corps doués de la fluorescence cathodique. Cependant, le nouveau phénomène possède ses caractéristiques propres, et pour ainsi dire son individualité spéciale; car j'ai préparé des séries de corps très phototropiques, et absolument dépourvus de

phosphorescence et de fluorescence, toujours des sulfures blancs.

En répétant l'expérience initiale simple, et en multipliant les essais, je suis arrivé à séparer, de ma nombreuse collection de corps phosphorescents, une première série de sulfures de calcium, qui, aussitôt soumis à l'éclairage direct et intense par la lumière du jour, sans insolation, changent leur couleur blanche pour une autre, d'abord rosée, puis violacée, en arrivant tout de suite au maximum de leur intensité. Portés à la lumière diffuse, ils retournent tous à la couleur blanche primitive, en quelques instants, et ils se trouvent toujours prêts aux mêmes changements, malgré leur âge. C'est un cas bien net de phototropie reversible; il faut noter que, si certains de ces sulfures de calcium étaient, à la fois, photoluminescents et phototropiques, d'autres étaient doués seulement de la phototropie, et il en restait dans ma collection quelques-uns uniquement phosphorescents, sans être phototropiques. Dans les sulfures qui changent de couleur, le rôle de phosphorogène est rempli par des métaux très variés : bismuth, cuivre, uranium, thorium, zinc, manganèse, antimoine, et bien d'autres.

Grâce à l'analyse des systèmes phototropiques formés par le sulfure de calcium, je suis parvenu à démontrer que tous, sans exception, contiennent du manganèse, dans des proportions presque inappréciables, venant sûrement de la chaux vive ou du carbonate de calcium dont je me suis servi comme matière première pour les obtenir. Par contre, il n'a pas été possible de déceler la présence du manganèse dans d'autres systèmes qui, tout étant très sensibles à la lumière, ne sont pas phototropiques; et ceux où une trace de manganèse a été exprès ajoutée, en qualité de phosphorogène, sont devenus à la fois phototropiques et phosphorescents. De ces résultats si précis, et de ces preuves si directes, j'ai conclu que le manganèse, dont les remarquables qualités comme phosphorogène sont bien démontrées, est, en même temps, un phototrope magnifique. Pour apprécier son efficacité et trouver la limite de son action, j'ai entrepris de nouvelles expériences, dont je résumerai les résultats.

Tous les sulfures phototropiques ont été engendrés — suivant mon procédé — par imprégnation de la masse des carbonates respectifs, ou bien des oxydes, avec des matières actives, en ajoutant quelquefois les matières alcalines, dont l'influence est prouvée, et chauffant ensuite à la température de 900 ou 1000°, pendant cinq heures, pour le sulfure de calcium.

On utilisait un carbonate de calcium très pur, précipité, d'une blancheur parfaite, et la meilleure fleur de soufre. Quelques essais ont été faits sans addition de manganèse; les systèmes résultants, toujours photoluminescents, n'ont pas été phototropiques. Dans d'autres essais, on ajouta du manganèse, sous forme de chlorure manganeux anhydre, et, par ce moyen, j'ai obtenu des corps phosphorescents au plus haut degré, et doués de phototropie assez variable. L'influence essentielle du manganèse dans le phénomène du changement de couleur par la seule action de la lumière est ainsi prouvée directement.

Arrivé à ce premier résultat, si important, j'ai voulu examiner et considérer le problème sous d'autres aspects. En premier lieu, la phototropie est-elle une qualité exclusive du sulfure de calcium manganésifère, ou bien d'autres sulfures blancs, surtout celui de strontium, peuvent-ils la présenter ? Ensuite, quelles sont les proportions les plus efficaces du phototrope et ses limites? Il était encore intéressant de savoir si quelque matière active autre que le manganèse pouvait troubler les actions phototropiques de ce métal, et dans quelle mesure. Pour bien résoudre tous ces problèmes, j'ai entrepris des expériences avec le sulfure de strontium et le sulfure de calcium séparément, mais avec les mêmes proportions, premièrement de manganèse et, dans d'autres expériences, de bismuth, sous forme de sous-azotate ou de chlorure. La méthode d'obtention a été toujours identique.

J'ai fait deux séries d'essais sur chaque système. Les premières étaient composées de dix produits chacune, contenant des proportions décroissantes de manganèse, et les secondes renfermaient des quantités égales de manganèse et de bismuth, diminuant dans la même proportion. La température de formation des quarante systèmes ainsi obtenus a varié de 900° à 1200°, et la moyenne du temps de son action a été de cinq heures; ensuite on laissait refroidir lentement, le plus possible hors du contact de l'air pour éviter les oxydations. Tous les produits ainsi obtenus sont généralement blancs, quelquefois un peu grisâtres, de structure granulée; il y en a qui semblent un peu vitrifiés, sans doute à cause de la température excessive à laquelle ils ont été formés; mais ils se pulvérisent facilement; par contre, ceux à aspect vitrifié sont les plus résistants aux oxydations. Par leur aspect extérieur, ces nouveaux systèmes ne diffèrent pas des meilleurs sulfures blancs que j'ai obtenus dans d'autres occasions, suivant des procédés très variés. Au point de vue de la phototropie, voici

les principaux résultats auxquels j'ai abouti, dans cette première étude élémentaire d'un phénomène si curieux.

Dans la première série, j'ai essayé de démontrer l'efficacité du manganèse seul, à l'égard de la phototropie du sulfure de strontium, et j'ai opéré avec des quantités de métal, à l'état de chlorure, allant d'un décigramme à un dixième de milligramme, pour cent grammes du carbonate de strontium, blanc et absolument pur, employé comme matière première pour former le sulfure correspondant; les résultats, dans les dix systèmes, ont été tout à fait satisfaisants. Tous les dix sont phototropiques, avec une intensité croissante, jusqu'au maximum coïncidant avec la plus faible proportion de manganèse. Au delà du dixième de milligramme, le phénomène n'est pas perceptible, et la phototropie n'existe pas. Par contre, la phosphorescence, dont tous les systèmes sont doués, suit un ordre presque inverse; le maximum se trouve au terme cinquième de la série, avec cinq milligrammes de manganèse, puis l'intensité du phénomène diminue, et les derniers termes sont, à peu près, dépourvus de phosphorescence; tout au moins, elle est insignifiante. Quant à la couleur de la phototropie, elle est rosée au commencement, puis ensuite verdâtre, rouge jaunâtre, et, au dernier terme de la série, verdâtre intense. Les nuances de la phosphorescence, dans les systèmes qui la possèdent bien déterminée, sont le vert jaunâtre et le vert pur d'intensité variable, selon les proportions du phosphorogène ou matière active dissoute dans le sulfure blanc.

Dans la deuxième série du sulfure de strontium, j'ai ajouté au manganèse du bismuth, dans les mêmes proportions, également décroissantes, qu'à la série antérieure, formant, de la sorte, des systèmes à deux phosphorogènes, avec un seul dissolvant. Tous les termes de la série nouvelle ont été phototropiques; les cinq premiers avec une couleur rosée peu intense, le sixième et le septième verdâtre, le neuvième rougeâtre, et le dixième vert intense. On observe, comme auparavant, que l'intensité maxima du phénomène correspond aux moindres proportions des substances actives, et que le bismuth paraît exalter les propriétés phototropiques du manganèse. Quant à la phosphorescence, celle des deux premiers termes de la série est faible; le troisième n'est pas phosphorescent; celle des termes quatrième, cinquième et sixième est verte et intense, celle des termes suivants est aussi vert jaunâtre, celle du dixième avec une intensité remarquable, le maximum de la phototropie coïncidant, de la sorte, avec le maximum de la luminescence. Il n'y a donc pas de solidarité complète entre les deux propriétés, comme le prouve la première série; cependant, lorsqu'il s'agit du bismuth, dans la seconde série, l'optimum coïncide avec celui du manganèse, dans sa qualité de phototrope. La règle n'est pas générale, et elle indique l'indépendance des deux phénomènes, quoiqu'on puisse les observer réunis dans un seul système, dans les conditions que j'ai rappelées. Par contre, il y a bien des cas où la séparation de la phosphorescence et de la phototropie est assez complète.

Une chose assez singulière a été observée dans les deux séries d'expériences faites avec le sulfure de calcium, dans les mêmes conditions que j'ai établies pour le sulfure de strontium. Tous les termes des deux séries sont tout à fait dépourvus de phosphorescence; le neuvième seulement était, dans les deux séries, si faiblement luminescent qu'il m'a été impossible d'en apprécier la couleur. La phototropie de la première série du sulfure de calcium était rosée, pour les deux premiers sulfures, violacée pour le troisième et les suivants, jusqu'au neuvième, qui la possède avec des nuances jaunâtres; celle du dixième est violacée. Son intensité croit progressivement, à mesure que la proportion du manganèse diminue, jusqu'à la limite du dixième de milligramme, après laquelle le changement de couleur ne se présente plus. La seconde série contient, pour un seul dissolvant, deux phosphorogènes, le manganèse et le bismuth, toujours employés en proportions décroissantes égales, et le résultat en a été que tous ses termes, le neuvième excepté, ne sont pas phosphorescents; par contre, tous sont phototropiques, avec des nuances rougeâtres, rosées et violacées, bien marquées, dont l'intensité suit les mêmes règles et différences que dans les expériences antérieures. Cependant, l'intensité de chaque terme particulier est, bien nettement, plus grande dans les systèmes où se trouvent réunis le manganèse et le bismuth. Il semble que leurs effets, en tant que matières actives, s'ajoutent, pour l'intensité de la phototropie.

Après ces expériences, simples et fondamentales, et bien d'autres que j'ai faites, je ne crois pas trop me hasarder en établissant quelques relations entre la composition des systèmes inorganiques que j'ai étudiés et leur phototropie. D'après les résultats expérimentaux auxquels je suis arrivé, il me semble légitime d'énoncer cette première conclusion : la sensibilité des systèmes des sulfures de strontium et de calcium, pour la lumière, et partant leur phototropie, dépendent, dans une certaine mesure, de la concentration de la matière active.

José Rodriguez Mourelo,
Professeur à l'Ecole Industrielle,
Membre de l'Académie Royale des Sciences de Madrid.

LA SEXUALITÉ HÉTÉROGAMIQUE DES LAMINAIRES

ET LA REPRODUCTION CHEZ LES ALGUES PHÉOSPORÉES

DEUXIÈME PARTIE[1]

IV. — Laminaires

Les Laminaires restaient jusqu'ici en dehors de la discussion, car on ne connaissait chez elles que des sporanges uniloculaires, c'est-à-dire des sporanges réputés asexués. Sauvageau avait bien attiré l'attention sur les germinations singulières des zoospores issues des sporanges uniloculaires de certaines Phéosporées vraies, mais l'attention des algologues ne s'était guère fixée sur ces organes, dont les zoospores semblaient se comporter partout de manière uniforme ; si une sexualité ancienne et quasi disparue se manifestait encore dans de rares circonstances chez ces Algues, on se serait attendu à la constater par la découverte d'organes pluriloculaires représentant des anthéridies et des oogones.

On connaît depuis un siècle l'existence des organes reproducteurs des Laminaires ; ce sont de larges sores très denses, situés en des endroits variés du thalle, suivant les genres, composés d'un nombre considérable de sporanges uniloculaires entremêlés de paraphyses et disposés perpendiculairement à la surface. Mais c'est seulement en 1850 que Thuret[2] a montré, en étudiant le *Laminaria saccharina* et le *Saccorhiza bulbosa*, que ces sporanges renferment des zoospores, que celles-ci ont la même constitution, les mêmes cils et les mêmes mouvements que les zoospores des autres Phéosporées et qu'elles germent aussi sans fécondation; ce sont donc des éléments asexués. Thuret a même donné plusieurs dessins de jeunes plantules de *Saccorhiza* qui, jusqu'à ces dernières années, restèrent nos seuls documents sur l'état de prime jeunesse des Laminaires et qui, d'ailleurs, sont exacts comme tout ce que nous a fait connaître cet incomparable observateur. Une lacune existait cependant, dans ses dessins, entre le début de la germination des zoospores et la formation des jeunes plantules.

En 1910, Drew[3] annonça des faits qui s'éloignaient singulièrement de ce que Thuret avait vu et qui était accepté sans conteste; il s'appuyait sur les résultats que lui avaient fournis des cultures réalisées au Laboratoire de Plymouth sur deux espèces fréquentes sur les côtes de la Manche, le *Laminaria saccharina* et le *L. digitata*, généralement appelé en France *L. flexicaulis*. D'après Drew, il y aurait conjugaison entre les éléments sortis des sporanges uniloculaires qui seraient des éléments sexués, des gamètes ; les gamètes arrondis, jaunâtres et dépourvus de cils au début, perdent ensuite leur matière colorante et développent leurs cils pour former des zygospores par isogamie. La zygospore incolore germe en un tube court dont l'extrémité se renfle en une sphère où apparaissent *de novo*, fait peu croyable, des chromatophores. Puis, la sphère se divise de manière à produire un chapelet de grosses cellules semblables représentant le sporophyte de la Laminaire. Six à huit semaines après, chacune des cellules du chapelet donnerait un minuscule thalle qui n'est autre chose qu'une plantule de Laminaire, c'est-à-dire le jeune gamétophyte.

Mais Williams[1] qui, en 1900, avait annoncé dans une note très brève que les zoospores des Laminaires sont bien des zoospores, et que leur germination produit un filament comparable à un protonéma, reprit aussitôt son étude[2]. Il affirma, comme cela paraissait d'ailleurs vraisemblable, que Drew avait été victime d'une confusion et que les gamètes isogames qu'il avait décrits étaient simplement des monades. Williams fournit en même temps des détails histologiques précis sur la germination des zoospores qui aboutit, comme Drew l'avait vu sans en comprendre l'origine, à un filament cloisonné simple ou branchu qu'il compara à un protonéma, car de chacune des cellules de ce protonéma sort une masse protoplasmique entourée d'une membrane, qui, par son cloisonnement, devient une jeune Laminaire.

Killian[3], étudiant le *Laminaria digitata*, n'a pu obtenir les tout premiers stades décrits par Drew ou par Williams ; le plus jeune état qu'il ait vu est un protonéma qui fournit la future Laminaire.

Les recherches de Sauvageau confirment celles de Thuret et de Williams en ce qui concerne la

1. Voir la première partie dans la *Revue* du 30 novembre 1916, t. XXVII, p. 643 et suiv.

2. G. Thuret : Recherches sur les zoospores des Algues et les anthéridies des Cryptogames. *Ann. Sc. nat.*, t. III, 1850.

3. G. H. Drew : The reproduction and early development of *Laminaria digitata* and *Laminaria saccharina*. *Ann. of Bot.*, vol. XXIV, pp. 177-190, 2 pl., 1910.

1. J. L. Williams : Germination of the zoospores in Laminariaceæ. *Rep. brit. Ass. Durham*, 1900.

2. Id. : The zoospores of the Laminariaceæ and their germination. *Rep. brit. Ass. Dundee*, 1912.

3. K. Killian : Beiträge zur Kenntniss des Laminarien. *Zeitsch. f. Bot.*, t. III, 32 fig. ; 1911.

non-sexualité des zoospores. Certainement les zoospores ne s'accouplent pas et le développement de ces Algues se fait sans intercalation de protonéma, comme l'a montré Sauvageau[1] en suivant pas à pas toutes les phases du développement du *Saccorhiza bulbosa* (fig V). L'organe que les auteurs ont pris pour un protonéma n'est pas autre chose qu'un prothalle femelle ; il y a donc une sexualité, mais celle-ci apparaît sur le produit de la germination des zoospores, comme c'est le cas dans les phénomènes d'alternance de générations. L'étude présente ici de réelles difficultés pratiques, parce que les sores des Laminaires, apparaissant sur des parties déjà âgées, sont souvent encombrés de minuscules épiphytes, des Ectocarpées en particulier, que l'observateur risque d'introduire dans ses cultures et qui, en s'y développant, seront des causes d'erreur. Il n'est point utile d'employer pour les cultures, comme le firent Drew et Killian, de l'eau stérilisée par la chaleur, mais il faut savoir choisir des portions de sores indemnes d'épiphytes. Et, quoi que l'on fasse, les cultures nécessitant toujours un temps long, il s'y développe des protistes, de ces protistes que Drew avait pris pour des zoospores de Laminaires, mais il ne doit point s'y développer d'Algues autres que les Laminaires.

C'est dans une communication faite à l'Académie des Sciences le 20 décembre 1915 que Sauvageau[2] affirma définitivement l'existence, chez le *Saccorhiza bulbosa*, d'une sexualité hétérogamique avec alternance de générations.

En suivant dans ses cultures les germinations des zoospores de cette Laminaire, et bien que toutes les zoospores lui parussent identiques, Sauvageau était surpris d'y rencontrer constamment, quelques jours après la déhiscence, une minuscule Algue brune inconnue. Qu'il s'agisse d'un petit fragment de sore en culture cellulaire, ou d'un large morceau plongé dans un grand vase, ou même d'un minuscule fragment en goutte pendante, l'auteur obtenait toujours deux sortes de germinations. Il était peu probable qu'une Phéosporée indistincte, cachée parmi les sporanges et les paraphyses, s'ouvrît toujours simultanément ; des doutes auraient cependant subsisté, si Sauvageau n'avait pu surprendre des zoospores du *Saccorhiza* germant à l'intérieur de leurs sporanges et acquérir ainsi la certitude que ces zoospores donnent pêle-mêle deux sortes de germinations, dont les unes sont des prothalles femelles et les autres des prothalles mâles. Cette démonstration était utile, car Sauvageau n'a pu assister à la fécondation. De semblables prothalles mâles se sont certainement produits dans les cultures de Drew, Killian, Williams, mais l'attention de Sauvageau a été éveillée parce qu'il étudie les Phéosporées depuis longtemps et que son expérience de ces plantes lui a fait comprendre que cette Algue microscopique ne rentrait pas parmi celles qui ont été décrites.

Etudions successivement la formation du prothalle femelle et celle du prothalle mâle dans le

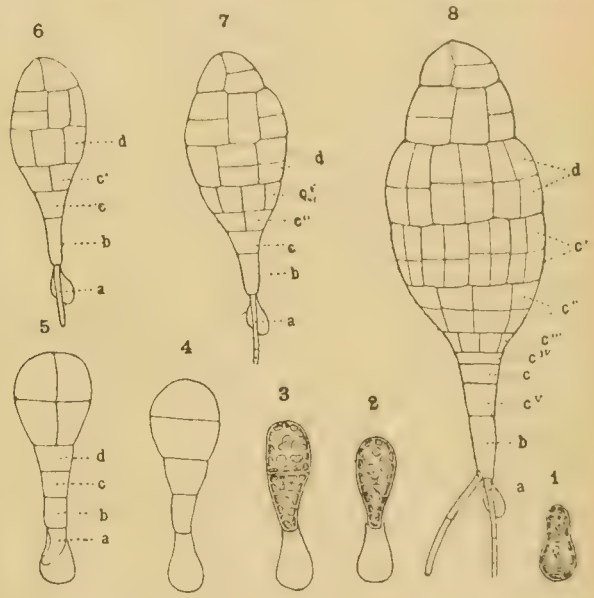


Fig. V. — *Figures demi-schématiques montrant le développement de la plantule.* — Les figures 1 à 5 sont dessinées à un grossissement supposé plus fort que les figures 6 à 8. (D'après C. Sauvageau.)

Saccorhiza bulbosa. Après avoir nagé quelque temps, la zoospore s'arrête, s'arrondit et s'entoure d'une membrane ; elle n'est déjà plus une zoospore, elle n'est pas encore une germination, un filament. Sauvageau appelle *embryospore* cet état nouveau intermédiaire entre la zoospore et ce qui en résultera, et, comme ce phénomène n'est pas spécial aux Laminaires, il estime que ce terme nouveau doit rentrer dans la nomenclature générale. Puis, l'embryospore augmente de volume et multiplie son chromatophore sans diviser son noyau. Elle s'allonge ensuite en un tube de même largeur ou plus étroit (fig V, 1), et son contenu, s'accumulant dans l'extrémité jeune, force la membrane et s'échappe en une masse nue et uni nucléée qui reste appuyée sur l'ouverture de l'embryospore vidée. Cette masse est l'oosphère qui, après fécondation, s'entoure d'une membrane et donne une plantule nouvelle (fig V). Il peut arriver

1. C. Sauvageau : Sur le développement et la biologie d'une Laminaire (*Saccorhiza bulbosa*). *C. R.*, t. CLX, Séance du 22 mars 1915, et Sur les débuts du développement d'une Laminaire (*Saccorhiza bulbosa*). *C. R.*, t. CLXI, 13 décembre 1915.

2. Id. : Sur la sexualité hétérogamique d'une Laminaire (*Saccorhiza bulbosa*). *C. R.*, t. CLXI, 20 décembre 1915.

que l'embryospore divise son noyau en deux et prenne une cloison, ou même qu'elle produise un filament monosiphonié de quelques cellules uninucléées; dans ce cas, c'est généralement le contenu de la cellule antérieure qui fournit l'oosphère, et, si le reste du filament continue à croître au lieu de se détruire, il peut fournir une seconde plantule tardive. Enfin, dans quelques rares cultures à croissance lente et qui semblent souffrir, l'embryospore émet des branches dressées dont chacune peut produire une plantule par le même processus.

La zoospore qui doit donner un gamétophyte mâle forme de même une embryospore qui, au lieu de grossir, conserve son volume et s'allonge en formant des filaments plus ou moins cloisonnés, mais toujours ténus. La figure VI montre des gamétophytes mâles au grossissement de 600. Les anthéridies naissent comme un bourgeon arrondi et incolore sur les cellules bien colorées par les chromatophores, puis leur sommet s'appointit en bec court où la membrane gonflée forme bouchon; elles renferment un unique anthérozoïde. Sauvageau n'a pas assisté à la déhiscence, mais il a vu, dans diverses préparations, des éléments motiles, non teintés, pourvus de deux cils latéraux ressemblant aux anthérozoïdes qu'il a décrits dans certains *Cystoseira*[1] et qui ne pouvaient appartenir qu'au *Saccorhiza*.

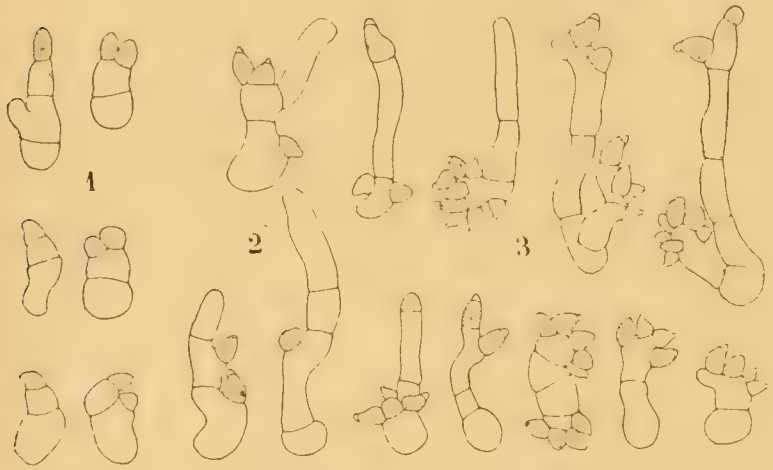


Fig. VI (1, 2, 3). — *Gamétophytes mâles d'âges différents* (8, 20 et 25 jours) *de* Saccorhiza bulbosa. (D'après C. Sauvageau.) Gr. 600.

De cette étude ressort donc la notion nouvelle que le *Saccorhiza* présente une sexualité hétérogamique avec alternance de générations qui rappelle, dans ses grandes lignes, celle d'une Cryptogame vasculaire, de l'*Equisetum*. La grande plante connue sous le nom de *Saccorhiza* est un sporophyte porteur de sporanges uniformes. Chaque sporange fournit des spores identiques entre elles, qui, après leur transformation en embryospores, deviennent autant de gamétophytes mâles ou de gamétophytes femelles de taille microscopique et à vie indépendante. L'oosphère expulsée du gamétophyte femelle transforma totalement ou partiellement en oogone, puis fécondée, germe aussitôt et fournit la plante qui deviendra la Laminaire. L'auteur pas encore fait la numération des chromosomes n'a qui confirmera cette conclusion.

L'homogénéité du groupe laissait prévoir que les autres Laminaires se comportent d'une façon sinon identique, tout au moins comparable. Et, en effet, Sauvageau vient de faire connaître dans trois autres Laminaires, les *Laminaria flexicaulis* (*L. digitata*), *L. saccharina* et *Alaria esculenta*, la même sexualité hétérogamique avec alternance de générations. Les différences entre elles et le *Saccorhiza bulbosa* sont d'ordre secondaire.

Tandis que, dans le *Saccorhiza bulbosa*, le sexe des prothalles paraît déterminé dès le sporange et se laisse prévoir d'après la taille des embryospores, qui grossissent quand elles doivent donner un gamétophyte femelle, il n'en est pas de même dans les *L. flexicaulis* et *saccharina*[1] où l'embryospore conserve son diamètre, quel que soit le sexe du futur prothalle. Elle émet un tube étroit (fig. VII, A) dont l'extrémité se renfle; le noyau se divise et l'un des noyaux-fils passe dans le renflement qui se sépare par une cloison (fig. VII, B) et sera l'origine du prothalle, tandis que l'autre se désorganise. Quand elle devient un prothalle mâle, l'extrémité renflée continue à grandir en se ramifiant plus ou moins et en se couvrant d'anthéridies (fig. VII, C, D, E). L'extrémité renflée qui devient un prothalle femelle grossit plus longtemps. Parfois, elle se transforme en oogone sans se cloisonner. D'autres fois, elle s'allonge en filament généralement court dont les cellules, croissant ensuite irrégulièrement, peuvent rester simples ou se cloisonner (fig. VII, F, G). Toutes les cellules du prothalle ont la même valeur et chacune d'elles peut se transformer en oogone; à cet effet, elle produit une protubérance dressée (fig. VII, F), parfois très longue (fig. VII, G), qui sera le col de

1. C. Sauvageau : A propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guéthary. *Bull. Stat. biologique d'Arcachon*, 14e année, 1912.

1. C. Sauvageau : Sur les gamétophytes de deux Laminaires (*L. flexicaulis* et *L. saccharina*). *C. R.*, t. CLXII, 17 avril 1916.

l'oogone. La déhiscence s'effectue par rupture médiane de l'extrémité gonflée de l'oogone, dont les bords se rejoignent aussitôt et constituent une sorte de plancher épais sur lequel repose l'oosphère et plus tard la plantule (fig. VII, H)[1]. Ce sont sans doute ces prothalles femelles que Williams et Killian ont comparés à des protonémas.

Une autre Laminaire, l'*Alaria esculenta*[2], qui se rencontre sur les côtes françaises de la Manche, fournit également des prothalles mâles ou femelles que leur largeur différente distingue les uns des autres d'assez bonne heure. Ces prothalles diffèrent des prothalles des *L. flexicaulis* et *L. saccharina* par la persistance et le rôle éventuel de l'embryospore. Celle-ci, en effet, après avoir germé en un tube étroit, ne dégénère pas, comme il arrive chez les deux espèces précédentes; elle se comporte de façons très diverses. Tantôt, elle conserve son diamètre (fig. VIII, A, C, L, M) ou grandit peu (fig. VIII, E, G), restant toujours facilement reconnaissable (fig. VIII, P, Q). Tantôt, elle se développe autant que le prothalle, dont elle se différencie par un léger rétrécissement correspondant au tube étroit qui les unit et par la place de la cloison de séparation (fig. VIII, D, K, N) ; mais si cette minime différence vient à manquer, la distinction n'est plus possible et les deux cellules sœurs concourent également à former le prothalle. Enfin, les deux parties également développées peuvent se séparer par flétrissement du tube qu'une cloison a séparé du noyau (fig. VIII, H, J) et chaque partie engendre un prothalle. L'appareil mâle s'établit comme chez les Laminaires précédentes, *L. saccharina* et *L. flexicaulis*, et, comme chez elles, la protandrie est très marquée.

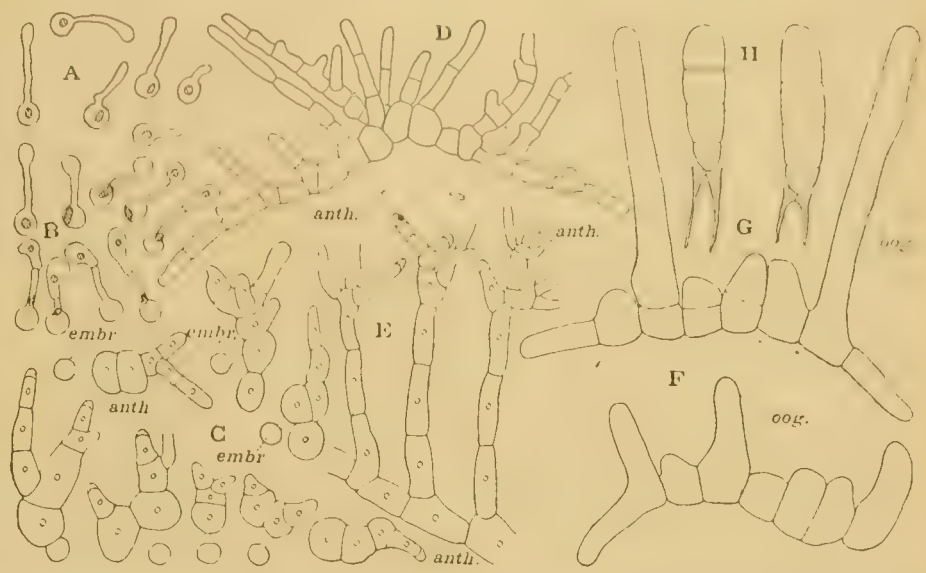


Fig. VII. — *Laminaria flexicaulis*. — *Embr.*, embryospore; *ant.*, anthéridie; *oog.*, oogone. — A et B, germination de l'embryospore; C, D, E, formation du prothalle mâle et des anthéridies; F, G, formation du prothalle femelle et des oogones; H, la plantule reposant sur l'extrémité de l'oogone après déhiscence. (D'après C. Sauvageau.) — A, B, C, E, gross. 600; D, F, G, H, gross. 400. (Sur les prothalles mâles, le noyau est indiqué par un petit rond pour marquer le contraste avec l'embryospore qui n'a plus de noyau.)

Le prothalle femelle diffère quelque peu et par la forme de l'oogone dépourvu de col et parce que toutes ses cellules ne se transforment point en oogones (fig. VIII, L, M, N, O, P, Q); par suite, le nombre des plantules fournies est moindre. La démonstration d'une sexualité chez l'*Alaria esculenta* est particulièrement intéressante parce qu'elle permettra d'expliquer par l'hybridation les caractères intermédiaires de certaines espèces de Laminaires et notamment de l'espèce japonaise *Undaria* (*Hirome*) *undarioides*.

Ainsi, la notion d'alternance des générations sexuée et asexuée, découverte chez les Cryptogames vasculaires, il y a plus de soixante ans, par Hofmeister, s'étend de plus en plus chez les Végétaux. Elle se présente chez les Laminaires, avec des caractères spéciaux qui diffèrent de ceux connus dans les autres groupes d'Algues; ici, les gamétophytes sont microscopiques et même parfois unicellulaires, tandis que les sporophytes sont les géants de la flore marine. Et c'est le cas de répéter ce que dit le regretté

1. Cet article était composé au moment où a paru un mémoire du Suédois Kylin sur le développement et la position systématique du *Bonnemaisonia asparagoides* (H. Kylin : Die Entwicklungsgeschichte und die systematische Stellung von *Bonnemaisonia asparagoides* (Woodw.) Ag., nebst einigen Worten über den Generationswechsel der Algen. *Zeitsch f. Bot.*, 8 Jahrg., Heft 9, 1916). Dans ce travail, qui contient des vues originales sur l'alternance de générations chez les Algues, Kylin dit qu'il a vérifié la sexualité des Laminaires sur le *Laminaria digitata*, qui est vraisemblablement le *L. flexicaulis*, mais la priorité pour cette espèce appartient à Sauvageau, le mémoire de Kylin ayant paru en septembre 1916.

2. C. Sauvageau : Sur la sexualité hétérogamique d'une Laminaire (*Alaria esculenta*). *C. R.*, t. CLXII, séance du 29 mai 1916.

Bonnet[1] dans son remarquable exposé de la Reproduction sexuée et de l'Alternance des générations chez les Algues, que les cadres de la classification des Algues concordent mal avec ceux du groupement que l'on pourrait être tenté d'établir en s'appuyant justement sur ces faits d'alternance. En ce qui concerne la classification des Algues, la nécessité devient de plus en plus impérieuse de disloquer ce groupe et de considérer les Algues rouges, les Algues brunes, les Diatomées, etc., comme autant d'embranchements équivalents à celui des Phanérogames, si l'on veut mieux entrevoir la parenté de ces formes. Toutefois, personne jusqu'à présent ne s'est avisé de démembrer de la sorte les Phéophycées qui, malgré les différences entre Phéosporées, Fucacées et Dictyotées, paraissaient relativement homogènes. La découverte de Sauvageau d'une alternance de générations très spéciale chez les Laminaires laisse entrevoir une modification des idées reçues. Devra-t-on considérer ces Algues comme ayant la même importance systématique que les Fucacées et les Dictyotées, ou bien les opposer à l'ensemble des autres Algues brunes ? On le saura quand les Laminaires des pays froids, où les genres sont plus variés que chez nous, auront été cultivées comme Sauvageau l'a fait pour les quelques espèces de nos côtes. Il restera ensuite à suivre les Phéosporées qui ne sont pas des Laminaires et dont les seuls organes reproducteurs sont des sporanges uniloculaires. Leurs zoospores engendrent-elles des prothalles comme celles des Laminaires, ou bien sont-elles les restes d'une reproduction primitivement double, uniloculaire et pluriloculaire, comme l'étude du *Cladostephus* le laisserait supposer ? Dans quelle mesure les organes pluriloculaires peuvent-ils être considérés, ainsi qu'on l'a dit, comme la forme primitive d'organes aboutissant finalement aux anthéridies et aux archégones des Muscinées et des Cryptogames vasculaires ? Ce sont autant de questions longues et délicates que les algologues auront à résoudre.

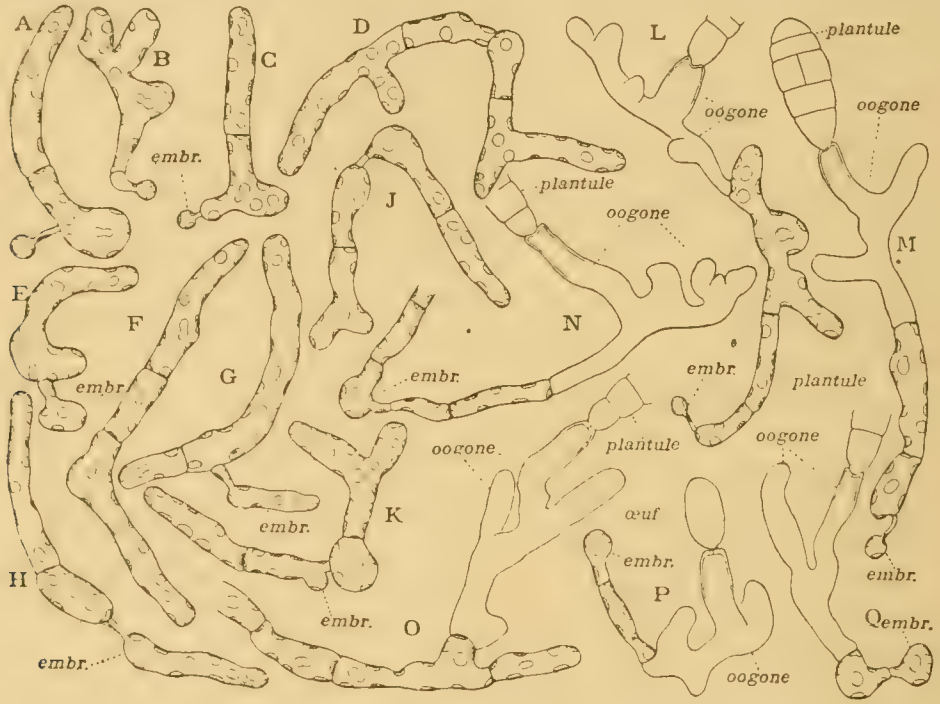


Fig. VIII. — *Alaria esculenta.* — Prothalles femelles. (D'après C. Sauvageau.) Gr. 400.

[1] J. Bonnet : Reproduction sexuée et Alternance des générations chez les Algues. *Progressus rei botanicæ*, vol. V, 126 p., 65 fig. ; 1914.

F. Péchoutre,
Professeur au Lycée Louis-le-Grand.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Duhem (P.), *Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Bordeaux.* — **Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic.** — *Tome* III [1]. *1 vol. in-8° de 549 pages avec 4 figures.* [*Prix*: *19 fr.*]. *Hermann et fils, éditeurs, Paris*, 1915.

L'Astronomie latine au moyen âge, dont le 1er chapitre, la Cosmologie des Pères de l'Eglise, termine le Tome II, occupe tout le Tome III et déborde encore sur le Tome IV, comme nous le verrons prochainement. Donnons d'abord les titres suggestifs des Chapitres :

Ch. II. — L'Initiation des Barbares ;
Ch. III. — Le Système d'Héraclide au moyen âge ;
Ch. IV. — Le Tribut des Arabes avant le XIIIe siècle ;
Ch. V. — L'Astronomie des Séculiers au XIIIe siècle ;
Ch. VI. — L'Astronomie des Dominicains ;
Ch. VII. — L'Astronomie des Franciscains.

Dans chacune de ces subdivisions, M. Duhem expose les idées prédominantes de l'époque, soit par l'analyse des ouvrages de l'auteur le plus original et de ses disciples, soit dans l'ensemble des écrivains constituant comme alors une Ecole ou une Confrérie. On suit ainsi aisément, pas à pas, les fluctuations de la pensée humaine, ses redites, ses réminiscences, ses préjugés et aussi ses faiblesses. Mais quelle admiration pour ces hommes qui vont faire sortir du chaos absolu cette théorie si simple de l'Univers qu'elle nous paraît aujourd'hui aussi évidente que la lumière du jour et n'avoir jamais pu être ignorée !

« Le désir de savoir était intense chez les peuples jeunes qui avaient envahi l'Empire romain ; le premier qui s'efforça d'y satisfaire fut saint Isidore de Séville...

« L'ambition qu'avait Isidore de sauver, en faveur des Barbares, les épaves de la pensée hellénique et latine, d'instruire les Goths de ce que le passé avait connu, inspire bon nombre des écrits de l'évêque de Séville et, en particulier, le grand traité qu'il a intitulé *Les Etymologies* ou *Les Origines*.

« Nul livre n'était mieux fait pour plaire à des intelligences encore enfantines et avides de tout connaître que cette encyclopédie, où tout est enseigné en vingt livres que subdivisent des chapitres nombreux et concis. »

Cet ouvrage d'Isidore de Séville est, aux yeux de M. Duhem, le modèle de la première encyclopédie, car il ajoute : « Les *Origines* d'Isidore de Séville sont comme le type sur lequel se modèleront plusieurs traités du moyen âge, et de ceux qui auront le plus de vogue..... Lorsqu'au XIIIe siècle l'encyclopédie du grand évêque espagnol aura vieilli à l'excès, de nouvelles compilations analogues verront le jour ; Barthélemy l'Anglais, le premier, composera son *De proprietatibus rerum*, puis Vincent de Beauvais écrira son *Speculum triplex, naturale, historiale, morale* ; ces deux livres, dont la vogue sera extrême, ne se borneront pas à reproduire maint chapitre des *Etymologies* ; ils procéderont du même esprit que le traité d'Isidore ; ils rivaliseront de succès avec ce traité, parce que, comme lui, ils s'efforceront de satisfaire à un désir, toujours ardent chez un grand nombre d'hommes, celui de posséder un livre où toute la Science soit condensée et emmagasinée, où l'on trouve sans peine réponse à tout. »

On pourrait se méprendre sur l'importance scientifique d'un livre qui connut la faveur du public. M. Duhem rectifie ainsi : « L'objet des *Etymologies* est bien plus de donner, à la façon d'un vocabulaire, la définition des termes techniques employés dans les diverses sciences, que d'exposer les doctrines qui constituent ces sciences ; aussi n'y trouvera-t-on jamais la discussion de ces doctrines. D'ailleurs, la pensée personnelle d'Isidore n'apparaît aucunement en ces vingt livres ; tout ce qu'il y donne, il l'emprunte à autrui, soit qu'il nomme son auteur, comme il le fait volontiers en citant un vers, soit qu'il n'indique point ses sources, ce qui a lieu le plus souvent lorsqu'il rapporte une théorie philosophique ou scientifique. »

Nous trouvons donc dans cet ouvrage, de même que dans ceux qui le suivirent, notamment le *De natura rerum*, le reflet des doctrines professées par les maîtres d'Isidore, les Pères de l'Eglise principalement. On pourrait dire que l'évêque de Séville vulgarise les notions scientifiques acquises avant lui sans même qu'il ait puisé à toutes les sources ni aux meilleures sources, de telle sorte que M. Duhem peut écrire : « C'est donc une bien pauvre information scientifique que celle dont disposait Isidore de Séville... Des choses de l'Astronomie et de la Cosmographie, il n'est guère plus instruit que les Pères de l'Eglise ; sans doute en sait-il moins que certains d'entre eux, que saint Augustin par exemple. »

Néanmoins un esprit nouveau guide Isidore : « Pour les Pères de l'Eglise, les recherches de Physique et d'Astronomie sont des occupations oiseuses et futiles... Pour Isidore, au contraire, le désir de connaître les phénomènes de la Terre et du Ciel est une curiosité légitime... La science profane n'apparaît plus simplement comme un instrument d'apologétique et d'exégèse ; elle est reconnue comme une fin, bonne en soi, que l'intelligence chrétienne a le droit et le devoir de poursuivre. De siècle en siècle, l'œuvre des docteurs chrétiens affirmera de plus en plus nettement l'autonomie d'une Science physique, distincte de la Théologie, capable d'atteindre à la vérité par des moyens uniquement tirés de la raison humaine. »

Parmi les disciples ou successeurs d'Isidore, citons seulement Augustin l'Hibernais, Bède le Vénérable... Ceux-ci, plus favorisés que l'évêque de Séville, ont pris contact, dans l'*Histoire naturelle* de Pline l'Ancien, avec la science gréco-latine et ont particulièrement fixé leur attention sur les marées. Ils n'ont pas d'idées bien nouvelles par ailleurs, et leur plus grand mérite est certainement de faire connaître à la chrétienté latine « la science antique par une œuvre dont Isidore de Séville n'avait pas, semble-t-il, eu soupçon. Cette œuvre, elle va la lire avec une extrême curiosité. » Et M. Duhem de conclure justement « que le premier âge de la Science des Barbares compte un seul représentant : Isidore de Séville. Le second âge est celui où vivent les savants qui se renseignent, à la fois, auprès d'Isidore et de Pline l'Ancien ; le vénérable Bède est le plus éminent d'entre eux. »

Ce passage du *De imagine mundi* caractérisera suffisamment les idées d'alors : « Au-dessus du firmament, sont des eaux qui demeurent suspendues en cet endroit à la manière des nuées ; on dit qu'elles embrassent toute la sphère du Ciel, et c'est pourquoi on leur donne le nom de Ciel aqueux. Au-dessus, existe le Ciel spirituel inconnu aux hommes ; là se trouve l'habitation des anges qui y sont distribués en neuf ordres. En ce Ciel, se trouve le paradis des paradis, où sont reçues les âmes des saints. C'est là ce Ciel dont nous lisons dans l'Ecriture qu'il a été créé au commencement avec la Terre. Mais on dit qu'un autre ciel le domine de beaucoup ; c'est le Ciel des cieux, habitation du roi des Anges... »

Ainsi, dans l'initiation des Barbares, il est plus souvent question de la Genèse, de la Création du Monde, des eaux supra-célestes que des mouvements planétaires.

1. Voir *Revue générale des Sciences*, Tome I, 26e année, p. 139 ; Tome II, 27e année, p. 94.

Ceux-ci vont reparaître avec l'étude du système d'Héraclide, que les traductions ou les reproductions des écrits de Chalcidius, Macrobe, Martianus Capella font connaître aux chercheurs de l'époque, parmi lesquels se distingue J. Scot Erigène. Le système d'Héraclide nous offre l'un des mille exemples d'obscurité qui enveloppe l'origine des idées fondamentales en Astronomie. Le moins que l'on puisse attribuer à Héraclide, c'est d'avoir envisagé le mouvement de Vénus et de Mercure autour du Soleil. Mais « Héraclide du Pont, ou quelqu'un des astronomes hellènes qui l'ont suivi, a-t-il appliqué cette même hypothèse aux trois planètes supérieures, à Mars, à Jupiter et à Saturne? A-t-il attribué à toutes les étoiles errantes un mouvement de révolution autour du Soleil, tandis qu'il laissait la Lune et le Soleil tourner autour de la Terre immobile ? A-t-il, en un mot, construit de toutes pièces le système qu'à la fin du XVIe siècle Tycho-Brahé devait proposer... Si l'hypothèse s'est trouvée dès l'Antiquité généralisée au point d'engendrer le système tychonien, les Anciens ne nous en ont point laissé le témoignage formel, en sorte que cette théorie a bien pu être conçue, mais elle n'a pu, assurément, exercer aucune influence sur la formation du système de Copernic ou du système de Tycho-Brahé. »

J. Scot Erigène s'est surtout inspiré de Chalcidius; quelques-uns de ses contemporains ou successeurs s'adresseront de préférence à Macrobe, par le *Commentaire au Songe de Scipion*, ce qui fera dire à M. Duhem : « Ce médiocre écrit de Macrobe devait jouir, pendant toute la durée des Xe et XIe siècles, d'une vogue extraordinaire; les chrétiens de l'Eglise latine lisaient cet ouvrage avec passion; ils y pensaient trouver la quintessence de la Sagesse antique. »

Citons, parmi ces commentateurs de Macrobe : Helpéric, le Pseudo-Bède, Guillaume de Conches... Ils étudient les marées, les mouvements planétaires, discutent sur les eaux supra-célestes et font de l'Astrologie en même temps que de l'Astronomie. Transcrivons seulement cette opinion sur la Lune : « Phœbé est la source et l'adoucissement de tout ce qui est humide. Ce ne sont pas seulement les ondes de la mer; ce sont aussi, chez les êtres animés, la moelle des os, la cervelle, les sucs des arbres et des herbes qu'elle dirige et dispose de telle manière que leurs variations suivent ses croissances et ses décroissances. La Lune est-elle privée de la lumière qui lui est due ? Vous voyez toutes choses vidées de leur contenu. Son disque est-il, de nouveau, éclairé en totalité? Vous trouverez les os pleins de moelle, les crânes remplis par les cervelles, toutes les autres choses gorgées de sucs ».

Arrivons à l'action des savants arabes. « Isidore de Séville connaissait fort peu de traités où fussent exposés les résultats de la Science antique; l'*Histoire Naturelle* de Pline ne semble pas lui avoir été révélée ». C'est par l'intermédiaire des Arabes que la pensée hellène et latine va parvenir aux chrétiens d'Occident : « Les livres traduits de l'arabe vont se répandre de plus en plus nombreux, dans les écoles latines; la Science enseignée dans ces écoles n'en sera pas seulement accrue; elle sera, en même temps, orientée suivant une direction toute différente de celle qu'elle avait suivie jusqu'alors ».

Les traducteurs de la science islamique sont le plus souvent des Juifs espagnols. Pendant une assez longue période, l'Ecole de Chartres fut le centre de ces études en Gaule, tandis que Tolède était le siège d'un Collège d'interprètes auquel nous devons cet épanouissement simultané de la Science arabe et de la Science antique.

« Le promoteur de l'œuvre c'est don Raimond, archevêque de Tolède, qui était monté sur ce siège archiépiscopal vers 1130, et qui mourut en 1150. Sous sa direction travaillent deux personnages, un arabisant et un latiniste; l'arabisant traduit en langue espagnole vulgaire les ouvrages écrits dans la langue de l'Islam; le latiniste les retraduit en latin; c'est ainsi que se firent la plupart des traductions de l'arabe en latin. Le latiniste est ici un archidiacre de la cathédrale de Ségovie, Domingo Gondisalvi ou Gonsalvi... L'arabisant est un personnage plus énigmatique. Il ne serait autre que le Juif converti Jean Avendeath [Abend Daüd, fils de David], plusieurs fois cité par Albert le Grand ».

L'émulation déjà très vive entre les nombreux penseurs de cette époque est encore surexcitée par cet apport de documents. On a suivi au tome II[1] les commentaires arabes sur Aristote, Ptolémée. Sur les nouveaux textes traduits s'ouvrent des discussions à la fois plus ardentes et aussi quelque peu confuses. Il faut toute la dextérité de l'auteur pour remettre chaque chose en place et rendre à chacun son dû. Rappelons seulement quelques noms : Thierry de Chartres, Gilbert de la Porrée, Platon de Tivoli, Gérard de Crémone, Alain de Lille. L'étude de l'Astronomie exalte singulièrement les esprits. Ainsi l'auteur [inconnu] des Tables de Marseille écrit, après l'invocation habituelle à la Toute-Puissance : Père, Fils et Saint-Esprit : « A tout homme qui ignore les merveilles des Cieux, on devrait plutôt refuser le nom d'homme, et le ranger au nombre des êtres privés de raison. »

A l'imitation des Anciens, les connaissances astronomiques, origine du Monde, mouvements planétaires, formaient souvent le fonds d'un poème allégorique. Voici la donnée de l'*Anticlaudianus*, d'Alain de Lille, poème regardé « comme un avant-coureur du *Paradis* du Dante ».

« La Nature délibère avant de créer un homme tel que l'homme eût été sans la chute originelle. Elle assemble le Conseil des Vertus; sur l'avis de la Concorde, la Prudence fait construire un char que la Raison sera chargée de conduire; puis, sur ce char, elle gagne le Ciel pour exposer à Dieu les vœux de la Nature et des Vertus. La Prudence parvient ici jusqu'aux limites du Ciel des étoiles fixes; mais la Raison ne la pourrait conduire plus loin; il lui faut quitter le char qui l'a portée jusque-là; elle monte alors un coursier que mène la Théologie; c'est en cet équipage qu'elle parvient enfin au pied du trône de Dieu. »

Ne quittons pas ce chapitre sans signaler la *Theorica planetarum*, attribuée par M. Duhem à Gérard de Crémone et considérée comme le plus ancien traité d'Astronomie théorique composé par la Scolastique latine.

« Jusqu'au début du XIIIe siècle, tous les traités astronomiques que les traducteurs avaient fait connaître aux Latins s'accordaient à leur présenter le système de Ptolémée comme admis sans conteste, aussi bien par les astronomes de l'Islam que par les astronomes grecs. Les astronomes de la Chrétienté latine avaient donc pu donner leur confiance à cette construction astronomique sans qu'aucun soupçon les fît douter de la solidité des hypothèses qui la portent. » La théorie des Planètes d'Al Bitrogi va leur « apprendre que des savants se sont rencontrés pour douter du bien-fondé des doctrines de l'*Almageste*. Au sein de la Scolastique, va se poursuivre la guerre, que les Grecs et les Arabes ont déjà connue, entre l'Astronomie de Ptolémée et la Physique d'Aristote ».

C'est la lutte entre la Science expérimentale, que M. Duhem allie avec la doctrine catholique, et la Physique raisonnée d'Aristote. Elle est longuement exposée dans l'Astronomie des Séculiers. Les principaux contradicteurs sont Joannes de Sacro Bosco, Michel Scot, Guillaume d'Auvergne, évêque de Paris, Guillaume l'Anglais de Marseille, Robert l'Anglais de Montpellier, Profatius, Campanus de Novare. On aura une faible idée des difficultés de bien suivre cette discussion par des appréciations telles que les suivantes. Albert le Grand, que nous allons rencontrer plus loin, écrit ces sévères paroles sur l'un des plus féconds traducteurs : « Dans le livre qui a pour titre : *Questions de Nicolas le Péripatéticien*, il y a des affirmations honteuses (*foeda dicta*); aussi ai-je coutume de prétendre que ce livre n'est pas l'œuvre de Nicolas, mais celle de Michel Scot; et celui-ci, à dire vrai, n'a jamais su la Physique ni bien compris les livres d'Aristote. »

1. *Revue générale des Sciences*, 27e année, p. 94.

Roger Bacon dira plus tard : « Il eut mieux valu pour les Latins, j'en suis certain, que la sagesse d'Aristote n'eût point été traduite, que de leur avoir été livrée sous une forme si obscure et si pervertie..... Aussi Monseigneur Robert, autrefois évêque de Lincoln, de sainte mémoire, a-t-il complètement délaissé les livres d'Aristote et les méthodes qu'ils tracent... et il a écrit sur les questions dont parlent les livres d'Aristote des choses cent mille fois meilleures que ce qu'on peut saisir dans de mauvaises traductions de ce philosophe. »

Nous passons, bien à regret, sous silence les travaux de l'Ecole de Montpellier et le tableau de « la séduction que la resplendissante Université de Paris exerçait alors sur tous ceux qui aimaient les Sciences et la Philosophie » et nous terminons par cet aperçu sur Campanus de Novare :

« Avec Campanus, l'Astronomie de la Chrétienté latine est vraiment hors de pair; elle n'a plus rien à recevoir de la science grecque ou arabe; bientôt l'Ecole de Paris produira des observateurs capables de se mesurer avec les Maîtres arabes; tel sera, par exemple, Guillaume de Saint-Cloud. Mais, en même temps que la technique ira se perfectionnant, les principes mêmes des théories astronomiques donneront lieu à de grands débats entre philosophes; ces débats seront également ardents dans l'Ecole dominicaine et dans l'Ecole franciscaine; l'heure est venue pour nous d'en retracer l'histoire. »

L'Astronomie des Dominicains est groupée autour des œuvres maîtresses d'Albert le Grand, saint Thomas d'Aquin et de leurs meilleurs disciples ou contradicteurs : Vincent de Beauvais, Ulrich de Strasbourg, Thierry de Freyberg.

« En dépit de la séduction qu'exerçait sur sa raison le système d'Alpétragius, par la simplicité qu'il lui prêtait; en dépit de son admiration pour Aristote, dont il veut croire les principes conciliables avec les excentriques et les épicycles, Albert, a pris une position très ferme dans la querelle qui divisait Mathématiciens et Physiciens; fort du témoignage de l'observation, il a condamné les sphères homocentriques, il a pris parti pour l'Astronomie de Ptolémée; c'est, à ce moment, l'attitude que devait prendre le véritable savant... »

Voici le point de départ de la Théorie des mouvements de saint Thomas d'Aquin : « Deux sortes de natures doivent être distinguées dans cet Univers; d'une part, sont des êtres qui ont en apanage la perpétuité, et ce sont les substances séparées; d'autre part, sont des êtres susceptibles de génération et de corruption, et ce sont les quatre éléments. Les substances célestes sont intermédiaires entre ces deux catégories; elles participent de la nature des substances permanentes, comme de la nature des substances engendrables et corruptibles; et chacune de ces participations se fait par un certain mouvement... Les mouvements des orbites célestes ne sont pas seulement naturels; ils sont encore volontaires. »

Ajoutons du même cette réflexion critique : « Les suppositions que les astronomes ont imaginées ne sont pas nécessairement vraies; bien que ces hypothèses paraissent *sauver les phénomènes* (salvare apparentias), il ne faut pas affirmer qu'elles sont vraies, car on pourrait peut-être expliquer les mouvements apparents des étoiles par quelque autre procédé que les hommes n'ont point encore conçu! »

Au débat qui « met aux prises l'autorité de la philosophie péripatéticienne et la certitude de l'expérience » participa également Thierry de Freyberg, qui professa en la Faculté de Théologie de Paris et dont M. Duhem résume ainsi brièvement l'œuvre : « Triomphe incontesté de la Science expérimentale, abandon à peine dissimulé de la Physique péripatéticienne, tels sont, selon le traité de Thierry, les résultats auxquels a conduit la lutte entre ces deux méthodes. Cette lutte, dont l'étude des œuvres écloses en l'Ordre de saint Dominique nous a fait connaître quelques phases, elle s'était débattue, non moins ardente, au sein de l'Ordre de saint François; et là encore, nous verrons la méthode expérimentale, si fortement et si justement préconisée par Aristote, renverser les doctrines de ce même Aristote. »

« Les plus savants représentants que l'Ecole dominicaine ait compris au XIIIe siècle hésitent entre le système astronomique de Ptolémée et le système des sphères homocentriques; le premier rend compte d'une manière plus satisfaisante des observations auxquelles les mouvements célestes ont donné lieu; le second semble plus conforme aux principes de la Philosophie naturelle.

« A la même époque, les mêmes hésitations se manifestent parmi les docteurs de l'Ecole franciscaine. »

A la tête de cette Ecole, nous devons placer saint Bonaventure, dont l'enseignement se donne à l'Université de Paris et qui, sous l'inspiration de Guillaume d'Auvergne, adopte le système des sphères homocentriques de préférence au système de Ptolémée.

Roger Bacon se trouve à la fois soumis à deux influences, l'influence de Robert Grossetête favorable à Ptolémée, puis l'influence de Guillaume d'Auvergne et de Bonaventure qui inclinent vers Aristote. Entre les deux systèmes, Bacon hésite; « toute sa vie, il demeurera dans le doute ».

L'orientation ne devient définitive qu'avec Bernard de Verdun qui tranche résolument en faveur de Ptolémée. Et M. Duhem pourra conclure : « La composition du traité de Bernard de Verdun semble, du moins pour l'Ecole de Paris, signaler une date essentielle de l'histoire des doctrines astronomiques; à partir de ce moment, le système de Ptolémée règne sans conteste sur l'enseignement scientifique de cette Ecole... » L'analyse d'un traité anonyme d'Astronomie rédigé par un disciple de Bacon conduira encore notre auteur à cette conclusion : « La querelle qui s'était élevée entre mathématiciens, partisans des excentriques et des épicycles, et physiciens, tenants des seules sphères homocentriques, était maintenant jugée; la position des physiciens était regardée comme irrémédiablement perdue; les astronomes n'attachaient plus aucun intérêt à ce débat. » L'histoire détaillée de ces discussions à l'Ecole franciscaine forme le dernier chapitre de ce tome III qui se termine par ces appréciations sur les idées de Bernard de Verdun : « L'influence du *Tractatus super totam Astrologiam* de Bernard de Verdun détermina sans doute, dans l'Ordre de saint François, un plus vif attrait vers l'étude des mouvements célestes, et une plus grande faveur pour le système de Ptolémée... Il est vraisemblable, d'ailleurs, qu'elles ne demeurèrent point confinées dans les couvents franciscains, qu'elles se firent sentir au dehors et qu'elles sollicitèrent l'attention des maîtres de l'Université de Paris. »

Nous sommes ainsi préparés à l'étude du tome IV, où l'Astronomie parisienne joue si honorablement son rôle dans l'évolution de l'esprit humain. Disons encore que le tome III est enrichi d'une note sur des œuvres attribuées à Roger Bacon et sur l'expérience de la Chambre noire.

Les lecteurs de la *Revue* connaissent déjà la perte irréparable que la Science française, l'esprit humain viennent de faire par la mort imprévue de M. Duhem. Nous laisserons à d'autres, mieux informés, le soin pieux de rendre le suprême hommage à cet homme exceptionnel que nous avons appris à aimer surtout dans ses écrits sur l'origine des sciences et des idées. Nous l'avons fait parler le plus possible dans cette analyse, afin d'attirer plus sûrement le lecteur, persuadé que celui-ci ne saura plus se détacher d'une œuvre dont il aura seulement médité quelque fragment. Et ceux qui pourront en faire une étude plus complète songeront douloureusement à l'implacable férocité du Destin qui s'acharne, aujourd'hui, à détruire le meilleur du patrimoine de l'humanité, sa noblesse, sa beauté et ses espoirs!

A. Lebeuf,
Correspondant de l'Institut,
Directeur de l'Observatoire de Besançon.

2° Sciences physiques

Tian (Albert), *Agrégé de l'Université.* — **Transformations et équilibre chimiques de l'eau et des solutions de peroxyde d'hydrogène à la lumière ultra-violette.** (*Thèse de la Faculté des Sciences de Paris*). — *1 vol. in-8° de 154 p. avec 31 fig. et 3 pl. Barlatier, imprimeur, Marseille, 1915.*

La décomposition de l'eau sous l'influence de la lumière ultra-violette, en H^2O^2 et H^2, a été souvent contestée et mise sur le compte de réactions secondaires dues souvent aux impuretés de l'eau. M. Albert Tian, tout en observant l'influence des impuretés de l'eau sur le phénomène, a repris l'étude à fond. Au cours de ces intéressantes et patientes recherches, M. Tian a fait une série d'observations qui viennent, en quelque sorte, se greffer sur son travail. Il en résulte une abondance de matières qui nuit quelquefois, pour le lecteur non prévenu, à la clarté de l'exposition et qui aurait gagné à être précédée ou suivie d'un résumé substantiel.

L'eau distillée ordinaire des laboratoires se peroxyde moins que l'eau pure lorsqu'on la soumet à la lumière ultra-violette, l'affaiblissement de la vitesse de réaction paraissant dû à l'opacité des matières dissoutes. On trouvera dans cette thèse la préparation de l'eau très pure telle que la pratique l'auteur et son contrôle par la mesure de sa conductivité, notamment. On lira avec un intérêt tout spécial la détermination des radiations de la lampe à vapeur de mercure agissant sur la formation de H^2O^2; M. Tian a découvert dans le rayonnement ultra-violet extrême une radiation douée de propriétés chimiques remarquables.

Quelle que soit la concentration de l'eau *pure*, la décomposition de H^2O^2 est unimoléculaire : $H^2O^2 = H^2O + O$.

On trouvera dans ce travail les multiples influences qui peuvent atténuer ou, au contraire, exalter cette réaction.

Lorsque la lumière incidente ne renferme pas de radiations ultra-violettes extrêmes ($\lambda > 1900$ angströms), comme c'est le cas pour la lumière du Soleil et presque toutes les sources artificielles, l'eau pure reste inaltérée et le peroxyde d'hydrogène est décomposé en eau et oxygène. En l'absence de rayons ultra-violets en dessous de 3.500 angströms, le peroxyde d'hydrogène n'est pas décomposé.

C'est là un aperçu bien incomplet de la substantielle et consciencieuse contribution qu'apporte à la Science M. Albert Tian.

Auguste Hollard,
Docteur es Sciences.

3° Sciences naturelles

Milner (H. B.), *Assistant à l'Université de Cambridge*, et **Part** (G. M.) — **Methods in pratical Petrology. Hints on the preparation and examination of rock slices.** (Méthodes de Pétrologie pratique. Notes sur la préparation et l'examen des coupes de roches). — *1 vol. in-12 de 68 p. avec 6 fig.* (*Prix cart. : 2 sh. 6 d.*) *W. Heffer and Sons, éditeurs, 4 Petty Curry, Cambridge*, 1916.

Cet opuscule, comme l'indique son titre, a un caractère avant tout pratique. Laissant aux traités de Pétrographie la description détaillée des roches, de leurs minéraux et de leur structure, il aspire surtout à montrer la grande importance d'un travail méthodique dans l'examen microscopique qui constitue la branche fondamentale de la Pétrographie.

Les auteurs donnent d'abord des indications détaillées sur la préparation des coupes de roches ; ils décrivent les appareils et les matériaux nécessaires et la suite des opérations qui amènent l'échantillon de roche jusqu'à la coupe mince montée entre deux lames de verre et prête pour l'examen optique. Beaucoup de laboratoires minéralogiques confient encore ces opérations à des maisons spéciales, quelquefois à l'étranger. La lecture de ce chapitre les convaincra que, si ces manipulations exigent une assez grande habileté manuelle, elles ne sont pas hors de la portée du plus grand nombre des préparateurs.

Dans un second chapitre, les auteurs exposent brièvement les méthodes employées pour l'examen et la détermination des roches en coupes minces, en insistant surtout sur les caractères qui peuvent venir en aide à l'étudiant dans les cas douteux. La détermination de certains minéraux étant assez difficile par les méthodes microscopiques ordinaires, les auteurs décrivent, à titre d'essai spécial ou de confirmation, quelques réactions microchimiques avec colorations et leur application à divers minéraux.

Enfin, l'ouvrage se termine par un exposé des méthodes spéciales qu'on emploie pour l'étude des matériaux détritiques, en particulier la séparation des constituants au moyen des liquides lourds et le montage des sables et sédiments pour l'examen microscopique.

Ce petit livre rendra d'utiles services aux étudiants et aux jeunes chercheurs.

L. B.

Pittard (Eugène). — **Les Races belligérantes. Esquisses anthropologiques. I. Les Alliés, les Français, les Belges, les Anglais, les Russes, les Italiens, les Serbes, les Monténégrins.** — *1 vol. in-8° de 96 p. avec 3 cartes et quelques figures. Attinger frères, éditeurs. Paris et Neuchâtel*, 1916.

M. Eugène Pittard a entrepris d'étudier les races belligérantes au point de vue anthropologique. Ce volume englobe tous les Alliés d'Europe, à l'exception des Portugais et des Roumains qui n'étaient pas encore entrés en action, et des Japonais, qui sont des asiatiques ; un second volume sera consacré aux ennemis des Alliés, à savoir les Impériaux, comprenant les Allemands, Austro-Hongrois, Turcs et Bulgares.

Ce que l'auteur a voulu, c'est montrer au public, beaucoup plus qu'aux spécialistes, quels caractères généraux de ces races peuvent ressortir des connaissances anthropologiques et sont de nature à apporter, par leur vérité scientifique, quelques éclaircissements dans le formidable conflit d'aujourd'hui qui a été présenté comme étant une lutte de races.

Après avoir retracé les origines primitives des populations européennes, M. Pittard indique rapidement les principaux caractères morphologiques qui peuvent servir à en effectuer le classement. Il met en relief deux vérités dont on est forcé de tenir compte : l'une, c'est qu'il y a beaucoup moins de races que de nationalités, aussi ne faut-il pas confondre les unes avec les autres ; l'autre, c'est que la race, comme il le dit avec raison, est un fait zoologique, la langue un fait social ; aussi les limites approximatives des langues sont-elles loin de concorder avec celles des races. Il montre aussi que la pureté d'une race est aujourd'hui chose très relative, presque tous les groupements humains étant métissés.

Ces données étant posées, l'auteur prend une à une, du côté de la France et de ses alliés, chacune des nationalités présentées comme races belligérantes et il en examine les caractères anthropologiques ; il se trouve amené ainsi à donner sur chacune d'elles des aperçus très intéressants se rattachant à l'histoire et à la géographie des pays qu'elles habitent. Ces problèmes ethniques sont extrêmement difficiles et complexes, mais si, par suite de l'évolution sociale et politique des races, les données anthropologiques sont impuissantes à justifier à elles seules toutes les tendances et les aspirations des peuples, néanmoins elles les expliquent dans une large mesure et, à ce titre, l'ouvrage de M. Pittard apporte une importante et savante contribution aux questions les plus à l'ordre du jour.

G. Regelsperger.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 6 Novembre 1916

M. le Président annonce le décès de M. **H. Léauté**, membre de la Section de Mécanique. — M. **E. Ariès** est élu correspondant pour la Section de Mécanique.

1° Sciences physiques. — MM. **Oechsner de Coninck** et **Gérard** : *Poids atomique du plomb.* Les auteurs ont déterminé le poids atomique du plomb d'après le poids moléculaire de l'oxyde obtenu par calcination du nitrate ; il est de 206,98 (valeur de la Commission internationale, 206,90). Le poids atomique du plomb extrait des minéraux radio-actifs n'est que de 206,71.

2° Sciences naturelles. — MM. **Ed.** et **J. Harlé** : *Les dunes continentales des landes de Gascogne.* Les dunes continentales des landes de Gascogne, maintenant fixées par la végétation, peuvent être divisées en dunes de *vallées* et dunes de *plateaux*. Les premières sont dues à l'action exercée par le vent soit sur le fond des vallées, soit, bien plus souvent, sur leurs berges. Les dunes de plateaux ont été créées aux dépens du sol en dehors des vallées ; elles affectent souvent la forme de paraboles avec tête à l'Est. Une faible végétation empêchant l'action du vent d'être générale, mais lui permettant cependant de s'exercer localement, a occasionné le creusement d'excavations elliptiques, dont le produit a été rejeté en avant et latéralement ; les auteurs les nomment *caoudeyres* ou *marmites*. — M. **R. César-Franck** : *Sur la présence de formes d'érosion éolienne à l'île de Wight.* Il existe à l'île de Wight des formes d'érosion éolienne très différenciées au N. et au S. Sur les rivages du Solent et du Spithead n'apparaissent, en effet, que des phénomènes de dépôt, dunes ou bancs de sable, localisés au pied de basses falaises ou en avant d'estuaires ; au contraire, sur les côtes qui regardent la Manche, c'est sur le sommet et le front de hautes falaises gréseuses, à des altitudes de 40 à 60 m. au-dessus du niveau de la mer, que se présentent des formes éoliennes de corrosion et de déflation, avec édification exceptionnelle de dunes. Les formes éoliennes du Nord ont pour cause déterminante les conditions structurales de la côte et l'accumulation des sables dans les deux bras de mer, tandis que celles du Sud sont déterminées par l'action dominante du vent d'W. S. W. sur des falaises de nature friable. — M. **L. Daniel** : *Sur les effets de l'arrosage capillaire continu.* L'auteur a fait trois séries d'expériences sur des laitues, des chicorées et des choux. Dans la première, les plantes étaient laissées presque complètement sans arrosage ; dans la seconde, elles recevaient un abondant arrosage intermittent tous les deux jours ; dans la troisième, elles étaient soumises à un arrosage capillaire continu, dans lequel les particules d'eau arrivaient goutte à goutte au pied de chaque plante par des fils de laine ou de coton trempant dans des vases d'eau et jouant le rôle de siphons. Au point de vue utilitaire, l'arrosage capillaire s'est montré partout nettement supérieur à l'arrosage intermittent habituel. — M. **L. Roule** : *Sur la migration de ponte de la Truite des lacs* (Salmo fario lacustris L.). Cette truite pond rarement ses œufs dans les eaux lacustres où elle passe son existence. Le plus souvent, les individus reproducteurs vont frayer dans les affluents du lac ; à cet effet, ils les remontent plus ou moins haut, jusqu'à ce qu'ils rencontrent des lieux propices à l'établissement de frayères, y pondent, puis retournent au lac. Or, l'auteur a constaté, par des observations sur les lacs Léman et de Nantua, que les truites migratrices pénètrent dans l'affluent dont la teneur d'oxygénation dépasse celle de l'eau du lac, alors qu'elles n'entrent point pour pondre dans celui où cette même teneur est inférieure. Ces faits confirment ceux précédemment observés sur le saumon et la muge. — M. **L. Boutan** : *Sur le plan d'équilibre ou de moindre effort des Poissons téléostéens à vessie natatoire.* L'auteur a reconnu que, chez les Poissons, le changement de pression extérieure tend à faire varier brusquement le volume de la vessie dans un sens, tandis que la réaction de l'organisme tend à faire varier, en sens contraire, le volume de la vessie par un changement du poids du gaz qui y est contenu. Il en résulte qu'il faut distinguer le plan d'équilibre théorique (ou de moindre effort), où le corps du poisson atteint la densité de l'eau, du plan d'équilibre morphologique et physiologique, où la vessie natatoire prend son volume normal. — MM. **J. Courmont** et **A. Devic** : *La leucocytose consécutive à la vaccination antityphoïdique et antiparatyphoïdique.* Les injections de vaccin antityphoïdique et antiparatyphoïdique entraînent rapidement une hyperleucocytose, caractérisée par de la polynucléose, avec myélocytose neutrophile. Les éosinophiles ne sont pas modifiés. — M. **J. Danysz** : *Les causes de l'intolérance aux arsénobenzènes et les moyens de les éviter ou de les prévenir.* Il est possible de diminuer l'intolérance préexistante des malades aux arsénobenzènes par des injections préventives de petites doses des mêmes produits. Il est possible de diagnostiquer les cas d'intolérance tardive en injectant au malade deux petites doses de médicament à 3 ou 4 jours d'intervalle. Dans ce cas, si la 2e injection est mieux tolérée que la 1re, on peut sans crainte continuer le traitement ; si, au contraire, la 2e injection était moins bien tolérée que la 1re, il serait prudent d'interrompre le traitement ou d'essayer de vacciner le malade par de toutes petites doses de 0,01 à 0,02 cgr. — M. **G. Sanarelli** : *Pathogénie du choléra. Reproduction expérimentale de la maladie.* L'auteur a constaté que, chez les lapins nouveau-nés, les vibrions cholériques introduits par la bouche n'arrivent jamais à l'intestin en passant par la bouche ; le contenu gastrique a une réaction tellement acide que les vibrions sont tués dès qu'ils arrivent à son contact. Chez ces lapins, on peut reproduire le choléra intestinal typique en injectant les vibrions sous la peau ou directement dans les veines. Chez le lapin adulte, on ne peut provoquer le choléra intestinal à cause du pouvoir vibrionicide de son plasma, qui est très élevé ; mais cette immunité naturelle du lapin adulte peut être vaincue en lui inoculant des colibacilles vivants dans l'épaisseur de la paroi de l'appendice. Ces résultats semblent bien montrer que c'est par la voie sanguine ou lymphatique que les vibrions arrivent jusqu'à l'intestin.

Séance du 13 Novembre 1916

M. le Président annonce le décès de M. **O. Backlund**, Correspondant pour la Section d'Astronomie.

1° Sciences mathématiques. — M. **L. Hartmann** : *Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps.* Dans le choc élastique de deux masses, dont l'une est primitivement en repos, le coefficient n et la force vive finale varient avec la substance qui les composent ainsi qu'avec la vitesse du choc, résultat qui est contraire à la théorie classique, mais qui pouvait cependant être prévu. Par contre, les quantités de mouvement moyennes existant dans les deux corps, à la fin de la période de raccourcissement, ont une somme arithmétique égale à la quantité de mouvement initial du corps-marteau, c'est-à-dire que cette quantité de mouvement se conserve, d'une manière effective, conformément à la conception de Descartes. —

M. **R. Guillery** : *Sur un nouveau système de transmission par joint à billes.* L'auteur présente un joint universel, réalisé au moyen de billes tenues chacune entre deux cuvettes sphériques symétriquement placées, permettant un angle des deux axes et un déplacement par mouvement de transport parallèle de ces axes : 1° dans le sens de ces axes, 2° dans des sens perpendiculaires à ces axes. L'organe ainsi réalisé réunit donc en un seul joint : l'inclinaison du cardan, le déplacement latéral du joint de Oldham, et en plus un déplacement longitudinal dans le sens des axes. Cet organe est de construction simple et économique, puisque les pièces peuvent rester brutes de forgeage ou d'estampage; seules, les cuvettes demandent à être proprement embouties. — M. **Em. Belot** : *Précision nouvelle sur la loi exponentielle des distances des planètes et satellites.* Cette loi, qui s'exprime par la formule $x_n = a + C^n$ (où x_n est la distance au centre du système dont C est la caractéristique; $n = 1, 2, 3, \ldots$), s'applique très exactement à 30 planètes et satellites. Elle ne peut pas ne pas s'appliquer à la Lune, qui serait alors le 4e satellite de la Terre. La disparition des zones satellitaires situées au-dessous de la Lune ne peut avoir eu lieu que par précipitation dans la région équatoriale.

2° Sciences physiques. — M. **H. Le Chatelier** : *Rapport sur les Laboratoires nationaux de recherche scientifique* (voir p. 675). — MM. **H. Bordier** et **G. Roy** : *Sur l'iode colloïdal.* Les auteurs ont reconnu que l'iode dissous dans l'eau pure est bien à l'état colloïdal, mais sous forme de granules trop petits pour être vus à l'ultramicroscope (amicrons); l'addition de gélatine, dans des proportions convenables, a pour effet de faciliter la réunion de ces amicrons en particules plus grosses, qui sont alors visibles à l'ultramicroscope et tout à fait analogues à celles des préparations classiques de gomme-gutte ou d'argent colloïdal. Si l'on soumet la pseudo-solution pure à l'expérience du transport électrique, la décharge des particules est complète et l'iode reprend sa forme cristalline; en présence d'un peu d'hyposulfite de soude, la décharge est incomplète et il y a simplement coagulation.

3° Sciences naturelles. — MM. **W. Kilian** et **J. Révil** : *Sur les brèches (conglomérats) de Tarentaise.* Les « brèches polygéniques » de Tarentaise, localisées dans une bande située à l'est de la zone delphino-savoisienne, semblent bien être la continuation des brèches de nature identique de la Maurienne, qui comprennent des assises qui ont fourni récemment à M. Gignoux des Nummulites; elles paraissent se relier d'une façon indubitable à celles des Chapieux et des environs du Col de la Seigne. Le rattachement à l'Eocène d'une partie de ces dernières, selon la première interprétation de M. Kilian, confirmée plus tard par Jean Boussac, semble donc justifié et incontestable, bien que les auteurs n'y aient recueilli aucun galet appartenant à des roches plus récentes que le Lias supérieur. — M. **G. Vasseur** : *Découverte de restes* d'Anthracotherium *dans les formations sannoisiennes du bassin d'Aix-en-Provence* (note posthume). L'auteur a découvert dans les argiles des Milles des restes du genre *Anthracotherium*, et confirme la nature sannoisienne de ces couches. Cette découverte montre également que, dès l'époque sannoisienne, une faune nouvelle de Mammifères s'est, en majeure partie, substituée à la faune paléothérienne. — M. **M. Molliard** : *Rôle catalytique du nitrate de potassium dans la fermentation alcoolique produite par le* Sterigmatocystis nigra. En l'absence d'oxygène, le *Sterigmatocystis nigra* décompose le sucre qui est mis à sa disposition et produit le phénomène de la fermentation alcoolique. La présence de nitrate de potassium prolonge d'une façon très notable cette fermentation et augmente le rendement en alcool; la proportion optima de nitrate est d'environ 4 pour 1.000. — M. **A. Piédallu** : *Sur l'acclimatation en France d'une plante à tanin à croissance rapide, la Canaigre.* Dans le but de remédier au déboisement intensif résultant de la fabrication des extraits tannants de chêne et de châtaignier, plantes à croissance lente, l'auteur préconise la culture de la Canaigre (*Rumex hymenosepalum* Torr.), dont les tubercules contiennent jusqu'à 28 et 30 o/o de tanin. Cette plante peut pousser non seulement dans le Midi, mais dans la région parisienne, où la végétation, retardée, d'automnale devient printanière, ce qui permet à la plante de résister au froid de nos hivers. — MM. **M. Caullery** et **F. Mesnil** : *Viviparité et parthénogenèse chez les Annélides polychètes : un nouveau Syllidien vivipare* (Ehlersia nepiotoca *n. sp.*). Les auteurs ont observé le phénomène exceptionnel de la viviparité chez un Syllidien vivant dans les mares à *Lithothamnion* de la Hague; c'est une espèce nouvelle, qu'ils nomment *Ehlersia nepiotoca.* Elle diffère peu de l'*E. sexoculata*, qui est ovipare et schizogame, de même que le *Syllis vivipara*, vivipare, ressemble beaucoup morphologiquement au *S. prolifera*, ovipare. Aussi les auteurs sont-ils portés à considérer les *Syllis* vivipares comme un cas de parthénogenèse cyclique pædogénétique, équivalent à celui qui est bien connu chez certaines larves de Cécidomyies. Ils se propageraient, pendant une série plus ou moins longue de générations, par parthénogenèse et viviparité, à un stade de jeunesse (pædogenèse) indiqué par leur petit nombre de segments, et finiraient, suivant un déterminisme à préciser, par donner la forme parfaite ovipare et bisexuée de l'espèce.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 7 Novembre 1916

M. **A. Chauffard** : *Rapport sur un travail de MM. Louis Martin et Aug. Pettit, intitulé : Trois cas de spirochétose ictéro-hémorragique en France* (voir p. 603). — M. **Gaucher** : *Les rapports du psoriasis avec la tuberculose.* Pour l'auteur, la cause initiale du psoriasis est la tuberculose, et, d'une façon plus précise, la toxi-infection tuberculeuse. La pathogénie du psoriasis serait, dans une certaine mesure, comparable à celle du lupus érythémo-squameux, dont de nombreux cas relèvent de la même cause. L'observation clinique montre, en effet, l'association fréquente du psoriasis avec des lésions tuberculeuses de forme, de siège et de gravité variables; il y a coexistence également fréquente, parmi les membres d'une même famille, du psoriasis et de la tuberculose. — M. **E. Lenoble** : *Estimation du temps de coagulation du sang* in vitro *par le procédé de la « bulle d'air ».* L'auteur recueille le sang dans l'éprouvette de l'hématimètre de Hayem. La surface libre du sang doit effleurer les bords du récipient et former avec une légère cupule. On obture avec une lamelle ou, mieux, avec un petit disque de verre rodé sur les bords et l'on emprisonne une bulle d'air dont la mobilité avec le moindre déplacement de l'éprouvette est extrême et qui restera mobile jusqu'au début de la prise en gelée du sang. La fin de coagulation coïncide avec l'immobilisation de la bulle d'air, qui conserve d'une façon définitive la forme dans laquelle l'a surprise le début de la coagulation. Le temps du début de la coagulation a varié, dans une centaine de cas, de 55 sec. à 6 min. 30 sec., la fin de la coagulation de 1 min. 30 sec. à 11 min. — M. **P. Rousseau** : *Reviviscence, en 1916, d'un foyer endémique de paludisme en Beauce.* L'auteur signale l'apparition de cas de paludisme dans l'été de 1916 sur les bords de la Conie (Eure-et-Loir). De tout temps, cette région a été considérée comme palustre, à cause de la stagnation des eaux de la rivière. Des travaux de correction de la rivière, exécutés il y a plusieurs années, avaient atténué les manifestations de l'endémie; mais, faute d'entretien, la stagnation ayant recommencé, les cas de paludisme ont réapparu ; il ne paraît pas que ceux-ci soient en relation avec le passage de soldats étrangers porteurs de germes.

Séance du 14 Novembre 1916

M. **A. Azalbert** : *Douze cas de méningite cérébrospinale épidémique.* L'auteur conclut, de ces douze cas, que la méningite cérébrospinale n'est pas toujours une

maladie très contagieuse. Elle peut simuler, au début, d'autres affections, comme la rougeole ou l'angine aiguë. Elle peut et doit guérir dans la plupart des cas, à la condition d'être diagnostiquée d'une façon précise et traitée immédiatement, sans aucun retard, par les injections intrarachidiennes à hautes doses de sérum antiméningococcique, même si la maladie est due à un autre germe que le méningocoque. Cette maladie laisse parfois des séquelles, qui sont rarement graves; elle guérit souvent sans laisser aucun reliquat d'aucune sorte.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 21 Octobre 1916 (fin).

M. L. Roule : *La sténothermie du Thon commun (Orcynus thynnus L.).* Des observations effectuées au voisinage de Cette autorisent à présumer l'existence, chez le Thon, d'une sténothermie qui permettrait de comprendre les manifestations principales de la remarquable éthologie de ce poisson. A ce qu'il semble, le thermotropisme jouerait à cet égard un rôle prédominant, le Thon se réfugiant toujours dans les eaux les plus chaudes. — **M. André-Thomas** : *Variations et réactions thermiques locales dans les blessures du système nerveux.* On observe assez fréquemment chez les blessés du système nerveux des modifications des températures locales et des asymétries thermiques dont la cause échappe assez souvent. Pour la mettre en évidence, l'auteur a recherché comment se comportent les températures de deux membres homologues, l'un malade, l'autre sain, lorsqu'on fait agir une influence capable d'exercer la même répercussion sur ces deux membres chez un sujet sain; comme influence, il utilise d'abord la réfrigération locale, couramment employée pour étudier les réactions vaso-motrices. La réaction symétrique observée chez les sujets normaux a été retrouvée chez des sujets atteints de lésion du sciatique, et de certaines lésions cérébrales; par contre, dans le plus grand nombre des cas (lésion cérébrale, commotion, lésion de la moelle, lésions des nerfs périphériques, lésion du sympathique, paralysie), on observe des réactions nettement asymétriques.

Séance du 4 Novembre 1916

M. Cl. Gautier : *Action convulsivante de la pilocarpine et de la glyoxaline pour la grenouille.* La pilocarpine, qui détermine des convulsions chez la grenouille, renfermant, d'après les dernières recherches, un noyau de glyoxaline, l'auteur a recherché si ce dernier corps est aussi convulsivant pour la grenouille, et il a reconnu qu'il l'est, en effet, pris à dose convenable. Par contre, l'histidine, qui est aussi un dérivé de la glyoxaline, ne détermine pas de convulsions, ce qui montre l'importance de la chaîne latérale soudée au noyau cyclique pour les propriétés pharmacologiques de ce noyau. — **M. J. P. Simmonds** : *A propos des effets de l'oxygène sur le* Bacillus perfringens. L'auteur estime que l'action prophylactique de l'injection d'oxygène dans les tissus en cas de gangrène gazeuse est probablement plus efficace que l'action curative. L'oxygène empêche la gangrène gazeuse de s'étendre parce qu'il supprime la production de gaz par le *B. perfringens*, alors même qu'il ne tue pas ce micro-organisme. — **M. R. van Saceghem** : *Observations sur la pseudo-tuberculose des cobayes.* L'auteur est parvenu à immuniser les cobayes contre la pseudo-tuberculose par une méthode semblable à celle de la vaccination contre la variole humaine par le cow-pox. Le rat vacciné avec le bacille de la pseudo-tuberculose étant devenu réfractaire à la peste, il serait intéressant d'expérimenter si, en vaccinant l'homme avec des coccobacilles tués de la pseudo-tuberculose des cobayes, on ne parviendrait pas à l'immuniser contre la peste. — **M. J. Dufrénoy** : *Action nocive du dépôt de sel marin sur les plantes du littoral.* L'auteur a étudié, spécialement sur les organes verts du Pin maritime, du Panicaut et du Genêt des dunes landaises, la marche de la mortification que provoque le dépôt de gouttelettes microscopiques d'eau de mer. La mortification débute au niveau des stomates : les cellules sont d'abord plasmolysées, les membranes se déforment et, s'étant déchirées, laissent échapper le protoplasme, qui se masse à l'orifice des stomates, ou même transsude et s'agglomère à la face externe de l'épiderme. Des lacunes apparaissent alors dans le parenchyme de la feuille, qui s'aplatit ou se ride et se trouve réduite finalement à ses deux épidermes. — MM. **Ed. Retterer** et **S. Voronoff** : *Evolution éloignée des greffes articulaires.* Les tissus cartilagineux et osseux d'une articulation greffée sur le chien adulte présentent, au bout d'un an, un revêtement cartilagineux complet dont la zone profonde est vasculaire, la zone moyenne semble normale et la zone superficielle est hérissée de prolongements de cartilage en voie de régression. L'animal marchait sans la moindre boiterie. — **M. J. Mendel** : *Modes de réaction phagocytaire dans la cavité buccale de l'homme.* Dans des conditions de santé normale, la résistance propre de la fibro-muqueuse de la cavité buccale paraît suffire à former une barrière efficace à l'invasion des germes pathogènes ; l'exsudat gingival est alors caractérisé par une leucocytose à faible réaction phagocytaire. Quand l'anneau fibreux pericervical est forcé, l'activité leucocytaire s'exalte; on constate un état d'hyperleucocytose plus ou moins intense. La fonction phagocytaire s'affirme et lutte vigoureusement contre l'élément infectieux. L'apparition de la pyorrhée alvéolaire, surtout si elle a une tendance à se généraliser, témoigne d'un état de dépression, passagère ou permanente, des moyens de défense du milieu buccal et, selon toute probabilité, de l'organisme en général. — **M. Et. Rabaud** : *Immobilisation réflexe et immobilité simple chez les Arthropodes.* L'auteur a étudié chez divers Arthropodes le phénomène d'immobilité simple, qu'Holmes attribue à une prise de contact avec les corps solides vers lesquels ils sont attirés (thygmotactisme). Il montre que l'immobilité simple est un état physiologique qui ne modifie aucun des rapports de l'organisme avec le milieu; l'immobilisation réflexe en est un autre qui modifie sensiblement ces rapports en les restreignant. Il n'y a rien dans le premier qui puisse conduire au second ; ces deux états sont donc complètement distincts. — MM. **Fabre** et **Petzetakis** : *Action réflexe de la contraction utérine sur la production des extrasystoles.* Soit au début, soit vers la fin de la contraction du muscle utérin pendant l'accouchement, ou après administration de pituitrine, on peut observer des extrasystoles en nombre variable. Dans la majorité des cas, elles prennent naissance dans les ventricules; la pause compensatrice est complète. Dans d'autres cas plus rares, elles sont d'origine auriculaire; la pause compensatrice est incomplète ou même fait défaut. — **M. J. Nageotte** : *La genèse et l'évolution des substances conjonctives dans certaines tumeurs du sein.* L'auteur déduit de l'étude de deux adéno-fibromes que la substance fondamentale de la tumeur est un coagulum qui se forme à la périphérie, c'est-à-dire au lieu de rencontre entre le milieu intérieur local de la glande, adultéré par des sécrétions anormales, et le milieu intérieur général, qu'on n'a pas de raisons de croire modifié. Par une série de transformations physico-chimiques successives, semblables à celles qui surviennent dans les cicatrices, et même dans les tissus normaux, cette substance fondamentale donne naissance aux faisceaux collagènes, et le tissu conjonctif se trouve achevé par la pénétration des fibroblastes dans ses mailles. Ultérieurement, l'épithélium néoplasique, cause première de tout ce processus, envahit le stroma formé au-devant de lui. Il n'y a pas ici de stade fibrineux au début des phénomènes de coagulation des albumines du milieu intérieur, mais ce stade fibrineux a été retrouvé, extraordinairement développé, dans un cas de carcinome du sein, qui confirme les idées de l'auteur sur la formation du tissu conjonctif (voir p. 668).

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 17 *Novembre* 1916

M. **Marage** : *Le larynx des chanteurs.* Quand on prend le tracé d'une voyelle chantée, on constate que le tracé d'une même voyelle varie avec chaque note et que le groupement est d'autant plus complexe que la note est plus grave. Cela est vrai, quelle que soit la méthode employée pour inscrire les vibrations. Si, au contraire, on prend le tracé d'une voyelle parlée, on obtient des courbes beaucoup plus simples et qui sont spéciales à chaque voyelle. Les voyelles I et OU ont des groupements caractérisés par une période, E et O par deux, A par trois. Ces tracés, très simples, ne peuvent être regardés comme exacts que si, en partant des données qu'ils fournissent, on peut faire la synthèse des cinq voyelles fondamentales. On y parvient au moyen d'une sirène composée de cinq plateaux dont les axes parallèles sont mis en mouvement par un moteur électrique. Les voyelles I et OU sont reproduites par des fentes égales et équidistantes, les voyelles E et O par des groupes de deux fentes, A par des groupes de trois fentes. Ces fentes sont triangulaires pour OU, O, A. Elles sont étroites et à bords parallèles pour I et E : on imite en cela la forme de la glotte donnant la voyelle. La note fondamentale est donnée par le nombre de groupes. La pression de l'air est mesurée par un manomètre métallique gradué de 0 à 200 mm. d'eau, la pression de l'air dans les poumons variant dans les mêmes limites. Cet instrument reproduit les cinq voyelles; on les reconnaît parfaitement avec l'oreille et, de plus, les tracés de ces voyelles synthétiques sont les mêmes que ceux des voyelles naturelles. Ils restent les mêmes quelle que soit la note fondamentale. Le *timbre* des voyelles synthétiques est donc le même que celui des voyelles naturelles. La *hauteur* du son émis par la sirène comprend toutes les vibrations qui peuvent impressionner l'oreille, depuis les sons les plus graves (*ut*-2) qu'on n'entend pas (moins de 16 vibrations) jusqu'aux sons les plus aigus qui ne sont plus perceptibles (*ut* 10, 33.400 vibrations). Les sons fournis par la sirène comprennent donc les tessitures de la voix humaine, qui vont du *fa* 1 au *fa* 4. L'*intensité du son*, ou plutôt l'énergie du son, est représentée par le produit du volume d'air V qui passe dans la sirène, par la pression H. Or, une voyelle naturelle est produite, au plus, par 4 litres d'air sous une pression de 200 mm. d'eau. Pour reproduire ces voyelles synthétiques, nous avons à notre disposition 30 litres d'air sous des pressions variant de 0 à 200 mm. d'eau. On peut donc faire des voyelles synthétiques aussi faibles et aussi intenses que celles de la voix naturelle. *L'appareil reproduit donc les voyelles naturelles au triple point de vue du timbre, de la hauteur et de l'intensité.* Il s'agit maintenant d'expliquer pourquoi, dans les voyelles chantées, le tracé d'une même voyelle varie avec chaque note, et devient d'autant plus complexe que la note est plus grave. Pour cela, on met sur la sirène A le moulage de la bouche prononçant A, et l'on prend le tracé en faisant varier la note : on constate que, comme dans les voyelles naturelles, le tracé est d'autant plus complexe que la note est plus grave, et le tracé des voyelles synthétiques chantées est semblable à celui des voyelles naturelles chantées. Les résultats sont analogues, si l'on remplace le moulage de A par celui de O et de OU. On peut ensuite laisser la note constante et faire varier la forme de la bouche en prenant des moulages en caoutchouc; enfin, faire varier à la fois la note et la forme de la bouche. Comme, de plus, on peut reproduire les cinq voyelles avec le larynx seul, le résonnateur buccal étant annulé par du stents, et que des larynx de chiens, isolés, peuvent reproduire seuls des voyelles, on est en droit de conclure que : 1° c'est l'ensemble du larynx (cordes vocales inférieures, ventricules de Morgagni, et cordes vocales supérieures) qui constitue l'instrument que Savart avait comparé à un appeau, mais qui, en réalité, ne ressemble à aucun instrument connu, car il change de forme à chaque voyelle et à chaque note; 2° les cinq voyelles fondamentales sont dues à une vibration aérolaryngienne intermittente *renforcée* ou *transformée* par la cavité buccale : *renforcée*, si la bouche a pris la forme qu'elle doit avoir et qui varie avec chaque note et chaque voyelle ; *transformée*, dans le cas contraire, et pouvant donner naissance à d'autres voyelles ; c'est pourquoi on ne comprend que les chanteurs qui donnent à leur bouche la forme voulue. Comme tous les larynx se ressemblent et ne se différencient que par leurs tessitures, les voyelles laryngiennes se retrouvent dans toutes les langues, et c'est pour cela qu'on les appelle *fondamentales*. — M. **Ch. Féry** : *Le fonctionnement physique de l'accumulateur au plomb.* I. M. Limb, à la suite de l'analyse de la matière extraite d'une plaque positive, a récemment attribué la formule $P^4 O^9$ à la matière active de l'accumulateur au plomb, tandis que l'auteur penche pour la formule $P^3 O^7$. Pour savoir auquel de ces corps on a réellement affaire, M. Féry a déchargé un élément dont le poids de matière positive était exactement connu, en opérant avec deux grosses négatives dont la capacité était environ 30 fois plus grande que celle de la positive. Ses résultats le conduisent à la formule $Pb^5 O^{13}$, très voisine de $Pb^2 O^5$. La présence des composés très oxydants formés normalement en fin de charge dans la masse positive : acide persulfurique, eau oxygénée et ozone, suffit à expliquer l'écart qui existe entre le pouvoir oxydant théorique de $Pb^2 O^5$ et celui de la matière positive réelle qui est plus grand. Il est donc bien probable qu'au début de la décharge tout au moins, la dépolarisation est due à $Pb^2 O^5$ comme Drzewiecki l'avait avancé dès 1889. Peut-être le peroxyde $Pb^3 O^7$ de MM. Hollard et Tennen, retrouvé par l'analyse dans la matière positive séchée, ne serait-il qu'une combinaison plus stable de $Pb^2 O^5 + Pb O^2 = Pb^3 O^7$? II. Le fonctionnement électrique de l'accumulateur au plomb devient très simple d'après ce qui précède : Chargé, l'élément ne contient que des matières à haute conductibilité électrique (plomb réduit à la négative, peroxyde à la positive). La décharge se fera donc progressivement de l'extérieur à l'intérieur ; on peut remarquer d'ailleurs la variation brusque de teinte des plaques d'un accumulateur chargé à refus et qu'on fait débiter. Après décharge, les plaques ne contiennent plus que des matières peu conductrices ($SO^4 Pb$ et PbO^2). Il est donc naturel que les réactions pendant la charge suivante partent du support de ces matières; aussi le changement de teinte des plaques n'apparaît-il nettement qu'en fin de charge. La réduction du SO^4Pb serait même impossible ou tout au moins très lente, si une certaine quantité de plomb non attaqué ne subsistait dans la masse négative. Quand la décharge est trop prolongée ou qu'un élément déchargé reste longtemps au repos, on sait qu'il *se sulfate*, comme disent les praticiens. Cette sulfatation profonde est à éviter pour la raison donnée plus haut.

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE FRANCE

Séance du 10 *Novembre* 1916

M. **J. Bougault** : *Sur les semi-carbazones des acides α-cétoniques* (voir la *Revue*, p. 635 et 666).

Le Gérant : Octave Doin.

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

27e ANNÉE N° 24 30 DÉCEMBRE 1916

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : LOUIS OLIVIER

DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS, Docteur ès Sciences

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. J.-P. LANGLOIS, 8, place de l'Odéon, Paris. — La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Nécrologie

O. Backlund. — Le 29 août 1916 est mort à Poulkovo le docteur Oscar Backlund, directeur de l'Observatoire central de Russie et l'un des astronomes les plus connus de notre époque.

Suédois d'origine, il était né le 28 avril 1846 à Langhem (Wermland). Après avoir fait ses études mathématiques et astronomiques à l'Université d'Upsal, il entra en 1873 à l'Observatoire de Stockholm, alors dirigé par H. Gyldén, auteur bien connu de méthodes nouvelles pour le calcul des perturbations.

Au XIXe siècle, la Suède a fourni à la Russie divers astronomes de la plus haute valeur, et Gylden fut l'un d'eux. Backlund, son élève, fut donc amené naturellement à traverser aussi le golfe de Bothnie, et en 1875 il quitta définitivement la Suède pour se fixer en Russie.

Pendant 3 ans, il fut assistant à l'Observatoire de Dorpat, où il s'adonna aux observations méridiennes; en 1879, il fut appelé à Poulkovo, où il fit à l'héliomètre un grand nombre d'observations de satellites de Jupiter qu'il rapportait, non à la planète comme à l'ordinaire, mais les uns aux autres, afin d'augmenter la précision des mesures.

En même temps, il entreprenait ses longues recherches sur le mouvement de la comète d'Encke. L'Observatoire de Poulkovo, alors dirigé par O. Struve, le fut ensuite par Bredichin; à la mort de celui-ci, en 1895, Backlund le remplaça. Son nom restera surtout attaché à deux grandes œuvres : la théorie de la comète d'Encke et la création des succursales de l'Observatoire de Poulkovo.

Théorie de la comète d'Encke. — Découverte par Méchain à Paris en 1786, cette comète, qui allait devenir si célèbre, fut reconnue périodique par Encke lors de son retour de 1819, époque où elle fut retrouvée fortuitement par Pons à Marseille.

Encke mit en évidence une particularité singulière de cet astre : c'est que sa durée de révolution (1210 jours environ) diminuait constamment, et d'environ 2 heures d'un retour au suivant; d'ailleurs les perturbations seules du Soleil et des planètes ne peuvent expliquer cette accélération, dont la comète parut offrir un premier exemple bien authentique.

C'est alors que cette accélération fut expliquée par l'hypothèse d'un milieu résistant circumsolaire, qui permit, en effet, de représenter toute la série des observations obtenues de 1819 à 1848. A partir de ce moment l'existence de ce milieu résistant hypothétique, de densité variable en raison inverse du carré de la distance au Soleil, fut généralement admise; et l'importance de ce résultat accrut considérablement l'intérêt qui s'attachait déjà à cette comète.

Après la mort d'Encke (1865), von Asten recueillit cette partie de son héritage et s'attacha ardemment à suivre la comète, jusqu'à ce qu'il fut enlevé à son tour à la science (1878). C'est alors que Backlund reprit depuis l'origine les calculs d'Encke et de von Asten; grâce à l'appui de l'Académie des Sciences de Pétrograd et à la générosité de E. Nobel, il put faire exécuter le calcul des perturbations pour la période 1819-1908 et arriver à des conclusions très importantes

Il a ainsi confirmé l'existence de l'accélération pour la période 1816-1858; entre 1858 et 1862 cette accélération commence de décroître et continue ainsi jusqu'à 1868-1871, époque où elle devient sensiblement nulle. En même temps, Backlund établit que l'hypothèse d'Encke doit être rejetée, sans toutefois arriver à une explication tout à fait nette de l'accélération; elle pourrait tenir à la rencontre de corps inconnus, peut-être quelque courant de matière météorique.

Un autre résultat très important de la même théorie a été la détermination de la masse aujourd'hui admise de la planète Mercure. Ces travaux valurent à Backlund en 1886 le prix Lalande de l'Académie des Sciences de Paris, et en 1909 la médaille d'or de la Royal Astronomical Society de Londres. En 1895, l'Académie des Sciences de Paris l'avait mis au nombre de ses correspondants.

Création des succursales de l'Observatoire de Poulkovo. — Backlund a consacré une bonne partie de sa grande énergie dans l'administration qui lui était

confiée. Comme le climat boréal de Poulkovo n'est pas très favorable, notamment pour les recherches qui demandent une longue continuité, Backlund a créé dans le sud de la Russie diverses succursales aujourd'hui bien organisées, et qui ont déjà fait leurs preuves. Mentionnons aussi la part qu'il a prise dans la mesure d'un arc russo-norvégien conduit jusqu'au Spitzberg.

Sa haute situation l'appelait souvent à l'étranger, aux nombreux congrès astronomiques ou géodésiques de ces dernières années, et toujours il a témoigné à la France un attachement qu'il reportait sur ses astronomes. Aussi ne comptait-il ici que des amis, parmi lesquels il distinguait surtout Tisserand et Callandreau, auxquels le rattachait la ressemblance de leurs études. Nous présentons à sa famille et aux astronomes de Poulkovo toutes nos condoléances.

G. Bigourdan,

Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes.

§ 2. — Physique

La mesure de la viscosité absolue des milieux très visqueux. — La chute d'un corps lourd à travers un liquide est fréquemment utilisée par les chimistes industriels pour la mesure de la viscosité; mais les valeurs obtenues sont généralement considérées comme étalons empiriques, sans qu'on en déduise les coefficients de viscosité absolue ou relative.

M. S. E. Sheppard [1], au cours d'un travail effectué aux Laboratoires de recherche de la Cie Eastman Kodak, a reconnu que l'équation de Stokes pour la chute des corps permet de déterminer ces coefficients au moyen de quantités facilement mesurables, en l'employant sous la forme :

$$K = 2/9R^2(S - S')g/U,$$

où K est le coefficient de viscosité, R le rayon de la sphère, S la densité de la sphère, S' celle du liquide et U la vitesse de chute finale.

Une condition importante pour l'application de cette formule réside dans la valeur du rapport du diamètre du récipient au diamètre de la sphère. Ce rapport γ doit être très grand pour que l'équation donne des résultats corrects. L'auteur a spécialement étudié l'influence de ce facteur, en opérant sur des billes d'acier de 1/2, 1/4 et 1/8 de pouce de diamètre (exact à 0,02 °/o près) tombant dans une solution de nitrocellulose très visqueuse. Il trouve que si T est le temps de chute pour un intervalle donné L en régime régulier où $U_{lim} = L/T$, alors les valeurs de T diminuent régulièrement à mesure que le rapport γ augmente, en approchant d'une limite constante pour les valeurs très grandes de γ. La fonction $T = f(\gamma)$ peut être mise sous la forme de l'équation empirique :

$$T = T_k + C/(\gamma - 1)^2,$$

où T_k est le temps de chute vrai pour $\gamma = \infty$ et C une constante dépendant des conditions expérimentales. Les valeurs calculées correspondent bien avec les données expérimentales.

En combinant cette équation avec celle de Stokes, M. Sheppard arrive à la formule suivante :

$$K = \frac{2/9R^2}{L}(S - S')T - C/(\gamma - 1)^2,$$

qui donne le coefficient de viscosité dans des vases cylindriques en tenant compte de l'influence des parois. R. Ladenburg [2], en partant de considérations purement théoriques, était arrivé à la formule :

$$K = \frac{2/9R^2}{L}(S - S')\frac{T}{1 + 2,4/\gamma},$$

mais elle donne des valeurs trop basses pour la viscosité.

1. *Journ. of the Franklin Inst.*, t. CLXXXII, n° 5, p. 697; nov. 1916.
2. *Ann. der Phys.*, t. XXIII, p. 287, 447, 1907.

§ 3. — Electricité industrielle

La traction électrique par courant continu à haute tension. — Il y a quelque dix ans, on considérait la tension de 600 volts comme le maximum à adopter pour l'alimentation des équipements de traction électrique. Sur quelques lignes, il est vrai, le courant était produit à la centrale sous une tension de 650 ou 700 volts, qu'un survolteur portait parfois à 800 ou 900 volts; mais la perte en ligne réduisait considérablement ces valeurs, de sorte que la tension normale sous laquelle fonctionnaient les moteurs des voitures était de 600 volts.

Puis on a proposé de coupler les 4 moteurs habituellement utilisés sur les équipements des voitures interurbaines par paires de 2 moteurs en série, au lieu de 2 moteurs en parallèle. En connectant de même les générateurs de la station centrale, on a porté de 600 à 1200 volts la tension d'utilisation du courant.

Actuellement l'utilisation du courant continu à 1300 et 1500 volts est devenue courante sur les lignes de traction inter-urbaine et a permis, pour un programme donné, de réaliser de notables économies sur l'emploi du courant continu à 600 volts : les dépenses d'établissement des feeders et des sous-stations ne sont guère plus élevées qu'avec cette dernière tension et on peut assurer un service plus intensif sur un rayon plus étendu.

En groupant en série des moteurs à 1.200 volts, on a été amené à construire des équipements fonctionnant sous 2.400 volts. Sur de grandes lignes, on a pu même utiliser du courant continu à la tension de 3.000 volts — par exemple sur le « Chicago, Milwaukee and Saint-Paul Railway » — et on peut prévoir comme prochaine l'adoption des tensions de 3.600 et 4.200 volts. Citons enfin les essais satisfaisants effectués sur la ligne de Grass Lake de la Michigan United Traction Company avec du courant continu de 5.000 volts, en sorte qu'il faut considérer comme possible l'adoption de cette tension pour l'alimentation des équipements de traction électrique.

§ 4. — Chimie

Préparation de fer et d'alliages fer-carbone purs. — Le diagramme d'équilibre thermique du système fer-carbone, qui a une importance fondamentale pour la métallurgie du fer et de l'acier, a été déterminé sur des échantillons commerciaux, de pureté variable. Le Bureau américain des Poids et Mesures a estimé qu'il y aurait intérêt à redéterminer ce diagramme sur des substances aussi pures que possible, et dans ce but il a chargé trois de ses chimistes, MM. J. R. Cain, E. Schramm et H. E. Cleaves, de préparer du fer et des alliages fer-carbone à un haut degré de pureté [1].

Pour la production du fer pur, ces savants ont employé la méthode électrolytique bien connue, avec une modification consistant dans l'emploi de compartiments anodiques poreux, qui préviennent la migration des impuretés anodiques vers la cathode. Les anodes sont formées de petits lingots de fer déjà assez pur, les cathodes de fer en feuille, l'électrolyte d'une solution presque neutre contenant 23,3 °/o de $FeCl^2$ (obtenu par dissolution du fer en lingot dans HCl chimiquement pur) et 10,3 °/o de Na Cl. La densité de courant était de 0,3 à 0,4 ampère par dm^2. On obtient ainsi des dépôts de 5 à 7 mm. d'épaisseur d'un métal dur et cassant par suite de l'occlusion d'hydrogène et de traces de chlorures, renfermant 0,024 à 0,035 °/o d'impuretés totales (dont 0,011 °/o de Ni et Co, le reste de C, S, P, Mn, Si et Cu). Il s'oxyde rapidement à l'air, mais cela n'a pas d'importance, car, dans la préparation ultérieure des alliages fer-carbone, les oxydes sont réduits en fer métallique, tandis que l'hydrogène et les traces de chlorures sont volatilisés par la fusion.

1. *Scientif. Papers of the Bureau of Stand.*, n° 226; 29 févr. 1916.

La seconde opération a consisté à fondre en lingots le fer électrolytique; de grandes précautions doivent être prises pour éviter sa contamination par les substances présentes à l'état de vapeurs dans les fours électriques, ou par les gaz de la combustion dans les fours ordinaires, et par les produits résultant de la corrosion des creusets. Comme fours électriques, les auteurs ont employé les fours Kryptol, Arsem et Helberger, à résistance de carbone, en utilisant comme carbone du graphite de première qualité, ne contenant pas plus de 0,02 °/₀ de S et 0,03 °/₀ de Si. Comme fours à gaz, les auteurs ont essayé deux types déjà en usage au Bureau américain, avec garnissage en alundum, et pouvant donner la température nécessaire de 1600° à 1700°.

Pour les creusets, après des essais infructueux sur des creusets de porcelaine ou d'alundum, les auteurs utilisèrent des creusets de magnésie pure calcinée au four électrique à 1600°-1800°. Bien que la magnésie ne contînt que 0,05 à 0,10 °/₀ de silice, les alliages fondus dans ces creusets se chargeaient beaucoup trop de silicium. Aussi les auteurs durent-ils préparer eux-mêmes de la magnésie chimiquement pure par un procédé qui part de la magnésie grecque; celle-ci est dissoute dans l'acide acétique; après repos, la solution claire est décantée dans un bassin en fer et évaporée jusqu'à ce qu'elle se solidifie par refroidissement; l'acétate est décomposé en oxyde en dirigeant la flamme d'un grand brûleur Tecla sur le sel solide. L'oxyde qui contient un peu d'acétate non décomposé, de carbone, de fer, et de silice, est ensuite calciné au four à gaz. La magnésie obtenue ne contient généralement pas plus de 0,01 °/₀ de silice.

Le fer électrolytique est d'abord fondu dans de grands creusets de magnésie ainsi purifiée, au four électrique ou à gaz. Les lingots obtenus, généralement pleins de soufflures, sont sciés en petits morceaux qui sont introduits dans des creusets de moindre dimension avec la quantité de carbone nécessaire pour préparer l'alliage désiré. Ces creusets sont alors introduits dans un four électrique à vide et chauffés graduellement jusqu'à fusion du fer et dissolution du carbone; à ce moment, il se produit une violente ébullition provenant sans doute du dégagement des gaz occlus dans le fer; au bout de 10 à 15 minutes, la surface du liquide redevient tranquille et l'opération est terminée. Après refroidissement, on casse les creusets pour retirer les lingots, qui ont une structure normale, presque entièrement exempte de soufflures.

Les savants américains ont ainsi obtenu des alliages fer-carbone contenant 99,96 °/₀ des deux éléments, et seulement 0,04 °/₀ d'impuretés, qui sont Ni, Co, Si, S et Cu en quantités mesurables et seulement des traces de Mn et P.

La constitution et la microstructure de la porcelaine. — M. A. A. Klein vient de se livrer, au Bureau américain des Poids et Mesures, à une étude de microscopie pétrographique sur des porcelaines préparées au Bureau et dans le commerce, ainsi que sur les diverses combinaisons de matières premières qui entrent dans la fabrication de la porcelaine, et les résultats intéressants auxquels il est arrivé paraissent devoir acquérir une grande importance scientifique et technique[1].

Ses expériences ont porté sur les corps et les mélanges suivants : kaolin, feldspath-kaolin, feldspath-quartz, feldspath-argile-quartz, chauffés à diverses températures. Les produits commerciaux examinés provenaient de fabriques américaines, anglaises, allemandes, françaises, autrichiennes, danoises et japonaises. Le but de l'auteur était d'obtenir des données sur les changements produits dans la porcelaine par la cuisson à diverses températures, et de relier en quelque mesure la constitution et la microstructure avec la température de cuisson, tout au moins pour les porcelaines blanches et dures. Voici les principales conclusions auxquelles il est arrivé :

Le kaolin paraît microscopiquement homogène lorsqu'il est chauffé jusqu'à 1200°; à cette température, on note une trace de dissociation. Quand la température dépasse 1200°, la dissociation augmente, d'abord très lentement, puis plus rapidement jusqu'à 1400°, où elle semble être complète. Les produits de dissociation sont de la silice et du silicate d'alumine; ce dernier composé a été identifié avec une phase amorphe de la sillimanite d'après les caractères suivants : il ne présente pas de forme cristalline, son indice de réfraction est supérieur à 1,6, et quand on le chauffe à une température un peu plus élevée (vers 1450°) il se convertit en petits cristaux ayant toutes les propriétés optiques de la sillimanite.

Dans les mélanges de quartz et de feldspath, jusqu'à 1340° le quartz ne se dissout qu'en faibles quantités dans le verre feldspathique; à 1460°, le quartz est pratiquement complètement dissous dans les échantillons renfermant jusqu'à 50 °/₀ de quartz pour 50 °/₀ de feldspath.

Dans les mélanges de kaolin et de feldspath, le kaolin se dissocie entièrement à 1340°. La quantité de sillimanite cristallisée et amorphe augmente avec la teneur en kaolin, au moins jusqu'à une concentration de 50 °/₀ en kaolin. A 1460°, 10 °/₀ environ du kaolin sont entièrement solubles dans le verre de feldspath; pour une concentration plus élevée de kaolin, la quantité de sillimanite cristallisée augmente; les aiguilles cristallines sont bien développées et relativement grandes.

Dans les mélanges quartz-argile-feldspath, à 1310° le feldspath est présent à l'état de verre; l'argile offre une dissociation presque complète avec formation de sillimanite amorphe surtout et d'un peu de sillimanite cristallisée, tandis que le quartz n'est pas dissous et que ses grains sont toujours de dimensions considérables, atteignant 0,2 mm. et plus suivant la finesse du broyage. En cuisant ces mélanges à 1380°-1400°, le verre feldspathique dissout de grandes quantités de quartz, n'en laissant que peu de grains; ceux-ci sont arrondis et corrodés et dépassent rarement 0,06 mm. L'argile est dissociée avec formation de sillimanite cristallisée, accompagnée parfois d'un petit peu de sillimanite amorphe.

Les changements provoqués par la cuisson dans les mélanges commerciaux sont identiques à ceux qu'on observe sur les mélanges préparés au laboratoire. Les produits commerciaux vont d'une porcelaine blanche poreuse cuite à basse température, dans laquelle, excepté la déshydratation de l'argile, le feldspath seul a été modifié, jusqu'à la porcelaine de grand feu, qui consiste en verre, cristallites de sillimanite et plus ou moins de quartz résiduel. Les grains de quartz observés dans la porcelaine blanche et dans les produits vitrifiés à basse température sont gros et angulaires, atteignant 0,2 mm. et plus, tandis que dans les porcelaines dures, dues à une solution, les grains de quartz sont arrondis et corrodés, et dépassent rarement 0,05 mm. de longueur.

La constitution et la microstructure de la porcelaine dépendent donc de la température de cuisson et varient comme cette dernière. L'auteur s'en est servi pour déterminer les températures probables de cuisson des produits commerciaux, et il y est arrivé avec des erreurs ne dépassant pas 25°, même en opérant sur des fragments trop petits pour se prêter à l'analyse chimique. La durée de cuisson n'est pas aussi importante que la température.

L'auteur n'a observé ni cristobalite, ni tridymite dans aucun des produits de laboratoire et commerciaux examinés. Il semble que le quartz se dissout dans le verre feldspathique beaucoup plus facilement qu'il ne se transforme dans les autres modifications de la silice.

En somme, l'étude pétrographico-microscopique de la porcelaine conduit à des résultats intéressants, en plaçant les processus physiques et chimiques de sa fabrication sur une base thermique plus quantitative.

1. *Technolog. Paper of the U. S. Bureau of Standards*, n° 80.

§ 5. — Agronomie

Les Etablissements agricoles de recherches scientifiques ; ce qu'ils sont, ce qu'ils devraient être. — La Commission d'action extérieure de l'Académie des Sciences, poursuivant l'étude des mesures qui tendent à accroître la participation de la Science à notre développement économique, a chargé l'un de ses membres, M. Tisserand, de préparer un Rapport sur « les établissements agricoles de recherches scientifiques », le rôle qu'ils ont joué dans le passé et celui auquel ils peuvent prétendre.

On sait le rôle considérable que joue l'agriculture en France, puisqu'elle y occupe près de 18 millions de personnes et n'a pas rapporté moins de 19 milliards de francs en 1913. Malgré des progrès notables, ses rendements par hectare sont malheureusement inférieurs à ceux de la plupart des pays voisins. Ainsi, pour le blé, la France a produit en moyenne par hectare (dans les dix dernières années qui ont précédé la guerre) 1350 kilogs, tandis qu'en 1913 l'Angleterre en a donné 2600, la Belgique autant, la Hollande 2400, la Suisse 2200 et le Danemark 3200 kilogs.

Or il est surabondamment prouvé que les pays qui ont fait le plus de progrès et qui obtiennent de leur sol les plus riches moissons sont ceux qui ont multiplié chez eux les établissements de recherches et d'enseignement de l'ordre le plus élevé et préparé leur population rurale, par une solide instruction préalable, à les apprécier, à les accepter et à avoir pleine confiance dans la science. Partant de ce fait, M. Tisserand a recherché ce que la France a réalisé jusqu'à présent dans cette voie et ce qu'elle devrait faire, en s'inspirant de l'exemple de quelques autres pays agricoles. Il arrive ainsi aux conclusions suivantes :

L'organisation des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux de recherches, qui sont en France les établissements d'expérimentation d'ordre scientifique relevant des services agricoles, doit être revisée pour donner à ces établissements plus d'ampleur, plus de cohésion, une vitalité plus grande, une existence plus féconde. Pour combler les lacunes qu'ils présentent actuellement :

1° Il convient d'abord d'en définir le rôle. Les *stations agronomiques* sont des établissements de recherches de sciences pures et de sciences appliquées; elles s'occupent de toutes les questions qui intéressent l'agriculture du pays et travaillent à en favoriser le progrès, elles forment des groupements de savants et de techniciens. Les *laboratoires spéciaux* ont le même but, mais sont spécialisés en vue de recherches et d'études sur une seule branche de l'agronomie.

Les stations agronomiques et les laboratoires spéciaux doivent consacrer tout le temps de leur personnel aux recherches scientifiques, et tous leurs fonds, y compris les ressources provenant des travaux effectués pour les particuliers, aux recherches, aux installations et au matériel de leurs laboratoires et de leurs champs d'expériences.

Ces établissements pourront se livrer à des analyses de sols, d'eaux, d'engrais, de denrées alimentaires, fourragères ou autres, à des expertises ou à des recherches d'intérêt privé, à la demande de particuliers ou d'associations agricoles, tous travaux rémunérés d'après un tarif homologué ; mais à condition que ces travaux aient quelque importance et que ce soit dans un local distinct et avec un personnel particulier.

2° Les stations agronomiques et les laboratoires spéciaux doivent être des établissements autonomes, sous réserve de leur subordination à un Conseil supérieur dont il sera question plus loin.

3° Il est indispensable de développer ou de créer dans la région parisienne ou dans son voisinage une station centrale complète, avec des laboratoires spéciaux, lesquels seraient chargés des études d'un caractère *strictement scientifique*, pouvant intéresser l'ensemble du pays, ou d'une envergure trop considérable pour être effectuées utilement dans des stations régionales.

4° Il est désirable qu'indépendamment des stations centrales établies dans la région parisienne il y ait autant que possible une station agronomique par grande région agricole, de façon à concentrer dans un même établissement toutes les ressources affectées aux études intéressant chaque région.

5° Des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux peuvent être installés dans toute localité possédant une spécialité d'un intérêt particulier (œnologie, sériciculture, oléiculture, etc...)

6° Les stations agronomiques et les laboratoires spéciaux ne devraient être créés qu'autant qu'ils seraient pleinement assurés d'avoir les ressources indispensables pour accomplir leur tâche tout entière. Les Conseils généraux des départements, les municipalités et les associations agricoles devraient concourir à leur entretien au moyen de subventions annuelles.

7° Ces établissements devraient avoir la personnalité civile pour pouvoir disposer de leurs produits et recevoir des dons et des legs.

8° Ils devraient être accessibles à toutes les personnes désireuses de s'instruire en collaborant aux travaux des maîtres ou de faire des recherches particulières dans le domaine de l'agronomie.

9° Il est de toute nécessité, dans l'intérêt de l'institution, qu'un Comité spécial, sous le nom de Conseil supérieur des Stations agronomiques et des Laboratoires spéciaux de recherches, soit créé à Paris. Ce Conseil aurait pour mission : de veiller au bon fonctionnement des stations et laboratoires, de donner son avis sur les recherches en cours et d'en provoquer d'autres au besoin, d'examiner les demandes de créations d'établissements nouveaux, de choisir le personnel, d'en favoriser la réunion générale une fois tous les deux ans au moins, de rendre compte annuellement des travaux effectués et des résultats obtenus, enfin de diriger la publication d'un *Bulletin mensuel des stations agronomiques et des laboratoires spéciaux*, et de notices pratiques destinées aux agriculteurs. Le bulletin, en outre de la reproduction des rapports de ces établissements dont la publication serait reconnue utile, donnerait l'analyse sommaires des mémoires, livres, brochures et documents parus dans tous les pays du monde, et dont la connaissance serait de nature à éclairer et à intéresser le personnel des stations et laboratoires.

Réorganisés sur ces bases, les établissements de recherches agricoles contribueraient puissamment, pense M. Tisserand, au relèvement de l'agriculture française et à la prospérité du pays. On en aura une idée par le seul chiffre suivant :

Si, grâce aux travaux et aux découvertes de la Science et à une pratique éclairée pour les appliquer, on obtenait une bien minime augmentation de nos récoltes, de 100 kilogs par exemple sur le rendement en blé par hectare, *la France produirait en plus par an 625 millions de kilogs de grain*, valant près de 200 millions de francs et pouvant nourrir un supplément de population de 2 millions au moins d'habitants.

De tels résultats, pour une seule culture, et leur répercussion certaine sur les millions d'hectares des autres cultures, sont bien faits pour justifier les réformes préconisées par M. Tisserand.

Après discussion, l'Académie des Sciences a approuvé les conclusions de son Rapport.

§ 6. — Physiologie

A propos de l'étude analytique du mécanisme de l'écriture. — Nous recevons de M. A. François, professeur au lycée d'Alençon, la lettre suivante :

Monsieur le Directeur,

J'arrive un peu tard pour critiquer une chronique qui a paru dans le n° du 15 mars 1915 de la *Revue* (p. 136)

et qui résume des expériences de M. Drever sur le mécanisme de l'écriture. J'aurais voulu pouvoir suivre cet article pas à pas, mais je dois me borner à l'essentiel.

1° M. Drever trouve que « les enfants (en écrivant) s'arrêtent après chaque lettre, et même après chaque partie de lettre ; au contraire, les mots des adultes forment un tout ; parfois même, dans l'écriture rapide, certains mots d'une phrase sont liés entre eux et forment bloc ». Ceci est vrai uniquement des Anglais, qu'on dresse à lier les lettres d'un même mot, et dont la correspondance présente souvent des lignes entières écrites sans lever de plume. Les graphiques de ce genre, reportés sur des appareils inscripteurs, offriront à l'œil des faisceaux d'ondulations où les chutes brusques qui marquent les levers de la plume sont d'autant moins nombreuses que les mots sont liés davantage.

Il en va tout autrement en France, où même les femmes, qui ont l'écriture relativement liée, écrivent rarement les mots longs sans détacher une ou deux lettres. Si nous pouvions amener au laboratoire de M. Drever tel ou tel de nos écrivains qui détachent leurs lettres et même parfois les traits, ou parties de lettres, leurs graphiques reproduiraient à peu près exactement les plus réguliers des graphiques d'enfants (I, II de la planche reproduite dans le numéro cité de la *Revue*, p. 137). Certains états psycho-physiologiques d'une part, d'autre part la nécessité d'écrire lisiblement pour l'imprimerie, détachent les traits de l'écriture, et produisent, comme chez les enfants, « une impulsion séparée pour chaque lettre et chaque trait ». Voilà donc une des distinctions essentielles de M. Drever ruinée par la base.

2° M. Drever a imaginé de mesurer la pression des doigts sur le porte-plume à l'aide d'un appareil où la pression imprimée sur deux tétines concentriques en caoutchouc se transmet à l'aide d'un bain de mercure interposé. S'il avait consulté les mathématiciens, M. Drever eût su d'eux que les graphiques obtenus par cette méthode et ceux que la pression de la pointe produit sur le papier doivent être identiques dans leurs grandes lignes, puisque la pression sur le papier provient de la pression sur le porte-plume. Quelle délicatesse, au surplus, demander à un appareil qui contient au moins cinq ou six cm³ de mercure, et qui doit peser près de cent grammes?

3° Un peu plus loin, M. Drever constate que la pression des doigts sur la plume montre généralement une élévation et une chute rythmiques de la pression, presque aussi régulières que le tracé des vibrations d'un diapason. Tous les lecteurs ont reconnu dans ces maxima et ces minima les descentes et les montées de la plume, en d'autres termes les *pleins* et les *déliés* ; leur succession ne peut reproduire toute la régularité des vibrations d'un diapason, parce que les lettres ont des formes et des longueurs différentes. Rien dans l'article de M. Drever ne permet de supposer qu'il ait fait cette identification.

4° Il ajoute que, lorsque la vitesse de l'écriture augmente, l'amplitude des écarts (*changes*) de pression diminue. Ceci est à la fois vérifiable par l'expérience et facile à prouver par le raisonnement. Car empiriquement nous savons que les écritures appuyées sont toutes lentes, que les écritures rapides sont fines ou faites de traits d'épaisseur uniforme. Si d'autre part l'on considère que la quantité de fluide nerveux dépensée par la main qui écrit est sensiblement constante pour un temps limité donné, il devient évident que l'énergie, c'est-à-dire la pression sur le papier, doit décroître si le mouvement s'accélère, et croître s'il se ralentit. C'est ce qu'on exprime plus simplement en disant que la pression de la plume sur le papier est en raison inverse de la vitesse. Il n'était pas besoin d'expériences graphiques pour énoncer cette loi, qui n'a du reste aucune valeur caractériologique ni graphologique.

Je suis forcé de passer sous silence quelques observations justes de M. Drever, par exemple sur la spécification des graphiques qui sont aussi personnels à chaque individu que son écriture même (l'assimilation n'est pas de M. Drever), et je termine par quelques remarques d'un caractère général :

1° Il est à regretter que M. Drever se confine dans la manipulation de ses appareils sans se documenter sur les travaux faits ailleurs.

Ainsi il trouve, après beaucoup d'autres, que les graphiques de la main gauche portent les mêmes caractéristiques individuelles que ceux de la main droite. S'il était au courant des travaux de laboratoire, il saurait que les graphiques tracés avec les pieds reproduisent, eux aussi, les mêmes indications.

2° Il se refuse, comme on l'a vu, le secours et les lumières que lui fournirait la comparaison avec l'écriture, et, ce qui est plus difficile à comprendre, il ne fait aucun état des connaissances anatomiques, physiologiques ou psychologiques indispensables pour qui veut étudier avec fruit ces mouvements de l'écriture. Il lui arrive de passer à côté de découvertes intéressantes dont il n'entrevoit même pas la portée. Il note, par exemple, que dans ses graphiques les pressions maxima des écrivains adultes ont des « rides caractéristiques ». Si ces graphiques représentent un agrandissement de l'écriture, les rides montrent sans nul doute la dissociation des excitations nerveuses élémentaires dont la somme coordonnée et unifiée chez l'homme sain et jeune produit les mouvements musculaires adaptés; quand les décharges nerveuses s'espacent, dans l'émotion intense à forme inhibibitrice, dans la maladie, la vieillesse ou l'alcoolisme, les rides des graphiques deviennent visibles sous la forme du tremblement de l'écriture ou celle de solutions dans la continuité des traits, visibles à la loupe.

3° De même, il aurait pu savoir dans le moindre traité de Psychologie, et sans l'apprendre par ses expériences, que chaque mouvement nouveau nécessite une adaptation plus ou moins prolongée pendant laquelle les trajets nerveux s'établissent entre les cellules d'association et les cellules motrices, et que pendant ce temps l'influx nerveux ne peut être régulier. Ici encore les graphiques pourraient servir de vérification et d'aboutissement, au lieu d'être donnés en dehors de toute liaison avec les phénomènes nerveux qu'ils inscrivent.

4° M. Drever indique en passant que les graphiques peuvent servir en nosologie, et il donne comme exemple la crampe des écrivains, sans autre indication. On eût aimé savoir de lui lequel du triple groupe des muscles digitaux et des nerfs issus du plexus brachial est affecté par cette névrose mystérieuse, sur laquelle les plus hautes autorités médicales bataillent à perte de vue.

5° Je voudrais discuter aussi sa division intéressante des caractères en deux groupes, fondés sur les graphiques aux pressions différenciées, ou type masculin, et aux pressions uniformes, ou type féminin ; il a le tort de détacher de ce dernier un troisième type, dit type du commis aux écritures, ou type mécanique, lequel n'est ni homme ni femme, et se trouve précisément privé de toute valeur caractériologique. Les graphologistes le savent depuis longtemps, car ils refusent de faire des portraits sur des copies, et réclament de l'écriture personnelle.

6° Je me demande enfin en quoi M. Drever pense que des études de ce genre aident à constituer les bases d'une Graphologie objective (*real science*). Il me semble que la graphologie n'est pas et ne sera jamais la science des graphiques.

Veuillez agréer, Monsieur le Directeur, etc.

A. François,

Professeur au lycée d'Alençon.

ÉTUDES BIOLOGIQUES
SUR LE CYPHOCRANIA GIGAS LINNÉ D'AMBOINE

Certains êtres dans la Nature charment par la beauté de leur coloris, l'élégance de leurs formes, et ainsi retiennent vivement l'attention de l'observateur. L'Insecte qui fait l'objet de cette étude inspire plutôt un sentiment d'effroi, tant il rappelle à certains moments les animaux d'un autre âge dans les diverses attitudes qu'il sait prendre. Le *Cyphocrania gigas*, surtout répandu à l'Ile Amboine (Indes Néerlandaises) et dans quelques îles voisines, est un des Orthoptères les plus grands qui soient connus; il mesure, les pattes allongées, près de 33 centimètres de longueur; il n'avait figuré jusqu'ici que dans les collections des Naturalistes ou dans les Musées, et ses mœurs, ses habitudes étaient complètement ignorées, vu la difficulté de son élevage rationnel. Hagenbeck, de Hambourg, le monopolisateur commercial de l'Histoire naturelle, malgré son habileté professionnelle, n'ayant pu me fournir un exemplaire vivant de cet Orthoptère pour l'Exposition d'Insectes vivants tenue à Paris en 1914, je résolus de tenter moi-même l'élevage du *Cyphocrania* dans l'espérance d'observations utiles, et c'est le résultat de ces études que je soumets aujourd'hui au lecteur.

* *

Dans le cours du mois de mai 1914, je reçus d'Amboine 430 œufs de *Cyphocrania*; de forme ovale (fig. 1), cet œuf est extérieurement brun foncé, très brillant; un opercule arrondi de même couleur le ferme hermétiquement; je ne vois aucun point de suture, aucune charnière comme système de fermeture; avec la pointe d'une épingle, j'enlève l'opercule, et l'Insecte apparaît bien vivant, enroulé sur lui-même et prêt à sortir de l'œuf.

Tel est l'aspect de cet œuf, si nous nous contentons d'un examen rapide et superficiel, mais si nous en poursuivons l'étude au microscope, nous demeurons stupéfaits des merveilles découvertes. L'opercule légèrement bombé qui ferme l'orifice ressemble étrangement à un oursin dépouillé de ses piquants, et est lui-même surmonté d'une petite houppe; il est orné de séries de dessins assez irréguliers et marbré de différentes taches d'un singulier coloris; pas un seul dessin ne se retrouve deux fois; le noir, le brun, le blanc, le vert s'y mêlent agréablement et lui donnent une certaine analogie avec les couleurs de l'Insecte adulte.

Cet opercule est retourné; une petite membrane se détache, assez semblable à première vue à une paillette de mica; le microscope révèle alors un travail d'une si extrême délicatesse qu'aucun artiste ne pourrait rêver rien de pareil. Imaginez une fine toile d'araignée tissée de milliers de fils du plus brillant métal argenté; sa forme est un cercle parfait, du centre partent à l'infini des rayons en zigzags, qui, sans se mélanger, aboutissent à une circonférence un peu

Fig. 1. — *Œufs de Cyphocrania.*

sombre, parsemée de petites taches mates; puis vient une autre partie plus claire, terminée par un cercle éclatant de blancheur. La pellicule intérieure, d'un blanc terne, se rapproche comme coloris, forme et contexture, de la pellicule des œufs des oiseaux.

Au fond d'une cage vitrée, insectarium à chaleur humide, tous mes œufs reposent sur un sable bien tamisé. Nous sommes au mois de juin : dans ma cuisine, un fourneau toujours en marche augmente pendant la journée la température élevée, normale à cette époque, et la nuit une lampe à alcool chauffe l'eau contenue au centre de l'insectarium, développant ainsi une humidité constante.

Le 6 juin au matin, un petit Insecte, haut sur pattes, court avec une extrême vélocité sur les parois de sa cage; sa tête est d'un beau vert pâle; les pattes, de même couleur, sont ornées d'une bande rouge vif aux jointures, le rouge se prolongeant jusqu'aux extrémités des pattes antérieures; les antennes très petites n'ont à ce moment que 9 articles, et sont, de même que les yeux, d'un rouge brun très foncé; le dernier segment des autennes est deux fois plus long que les autres; l'abdomen très allongé (il mesure à lui seul 13 millimètres, alors que l'Insecte entier a une

longueur de 24 millimètres) est vert foncé, chacune des 9 divisions marquées par une belle bande rouge vif; il n'y a encore aucune apparence d'ailes ni d'élytres; le sexe ne se reconnaît pas, mais les palettes de l'abdomen sont déjà très visibles.

L'Insecte cherche à se poser et parcourt tout l'espace qui lui est consacré pendant quelque temps sans se fixer; je lui présente une feuille de Goyavier, mais il refuse cette feuille si recherchée de certains autres Orthoptères, et je dois trouver une autre plante; après plusieurs essais infructueux, j'ai le plaisir de lui voir accepter des feuilles de Ronce et de Hêtre pourpre.

Cependant il ne semble pas avoir grand faim; il court de feuille en feuille, de branche en branche, et ne s'arrête nulle part; l'œil se fatiguerait à le suivre, si sa prison était plus étendue. Je lui présente une rose : peut-être préfère-t-il la fleur à la feuille; il ne la regarde pas et continue son manège; à un certain moment, sa course vagabonde le rapproche de la vitre supérieure où perlent quelques gouttelettes d'eau, derniers restes de l'évaporation de la nuit; il se précipite vers elles et boit avec avidité.

Quelques jours après, une nouvelle éclosion se produit; je me hâtai de présenter aux visiteurs de l'Exposition ces deux curieux spécimens d'Orthoptères, mais les différentes et subites variations de température ne permirent pas à mes deux petites bêtes, non encore acclimatées, de vivre plus de 4 jours. Redoutant les insuccès d'un pareil élevage, je remis tous les œufs dans une boite vitrée, et ne m'en occupai plus, quand à ma grande surprise, dans les premiers jours d'octobre, on m'apporta cette boite dans laquelle se promenait avec une extrême agilité un charmant *Cyphocrania*, qui accepta volontiers de reprendre place au milieu de l'insectarium avec le reste des œufs.

Le résultat fut inespéré; au 30 juillet 1915, j'avais obtenu 384 Insectes sur 430 mis en incubation, et 47 seulement moururent à l'état de larve ou de nymphe, tous les autres accomplissant leur vie entière sans accidents graves.

*
* *

Au cours de son existence, le *Cyphocrania* recherche toujours les branches les plus élevées des arbres; après quelques acrobaties permises à son jeune âge, on le voit stationner sur le sommet d'une tige; s'il est seul, il se contente de contempler le paysage restreint qui se déroule à ses yeux; il s'amuse parfois aussi à étendre ses différents organes dans une gymnastique échevelée comme pour se distraire, mais qu'un de ses compagnons ose approcher de son fragile support, l'instinct combatif se réveille, et une bataille homérique s'engage. S'arcboutant solidement par les crochets des pattes postérieures sur le pétiole ou les nervures des feuilles, l'Insecte se sert de ses deux longues pattes antérieures qui font l'office de vigoureux et rapides bâtons, la tête s'agitant assez violemment; le plus souvent, l'adversaire sait admirablement parer les coups qui frappent à vide, mais à certains moments les membres subissent de rudes chocs, et le plus faible doit céder la place au plus fort; heureux encore quand la lutte ne se termine pas par la perte d'un membre pour l'un des combattants; alors, chose étrange, la perte de ce membre n'est pas le fait du vainqueur, mais bien du vaincu qui s'est brisé une patte lui-même pour échapper aux étreintes de l'adversaire (fig. 2).

Fig. 2. — *Larve de* Cyphocrania *se préparant au combat.*

C'est là en effet la caractéristique du *Cyphocrania*. L'autotomie semble pour lui une seconde nature, et quand les Insectes sont trop nombreux dans une cage, il est bien rare d'en trouver quelques-uns absolument intacts à l'état parfait. Au moment du changement de nourriture, il faut prendre la petite larve avec d'infinies précautions, surtout si les pattes sont fortement accrochées à une feuille ou à une branche, attendre qu'elle veuille bien venir d'elle-même dans la main qui la touche; l'attente est souvent très longue : la larve tourne la tête dans tous les sens, même en arrière, avant de se décider, avance une patte, puis une autre, retirant ensuite la première; c'est alors que la patience devient une nécessité, car si on la force tant soit peu, elle se retire définitivement, vous laissant entre les doigts la patte que vous avez touchée. Il est vrai, comme l'a si bien démontré M. Bordage, chef des travaux pratiques à la Sorbonne, que ces pattes repoussent toujours quand l'Insecte est à l'état larvaire; mais alors elles n'ont plus que 4 articles au lieu de 5, et si dans les différentes mues le membre s'allonge, il ne parviendra cependant jamais à égaler le membre opposé.

Après la promenade ou la bataille, chaque Insecte se cache sous le feuillage pendant la journée entière; la tête, qui s'enchâsse au repos dans les replis des cuisses antérieures, ne laissant aucun espace libre, ne remue pas plus que le reste du corps au bruit le plus violent; on croirait voir une nouvelle branche ajoutée aux anciennes,

tant la ressemblance est parfaite. Mais vienne le crépuscule, tout change; c'est pour les *Cyphocrania* l'heure de se mettre à table : ils prennent alors une attitude toute différente que la conformation de la tête leur impose.

La table est toute dressée, la dixième partie d'une feuille de Ronce suffit à ce moment au nouveau-né; plus tard il lui en faudra une tout entière, et à l'état adulte deux ou trois des plus grandes le rassasieront à peine, car le *Cyphocrania* est d'une extrême voracité; solidement saillants, striés de lignes brunes, placés de côté sur le devant, la tête possède une mâchoire d'une puissance considérable, dont les différentes pièces sont très écartées. A première vue, il serait impossible d'imaginer la force de chacune de ses parties, et il faut les examiner séparément, afin de mieux comprendre leur jeu. En avant on remarque une lèvre supérieure arrondie, mobile de haut en bas, qui recouvre le sommet des mandibules; celles-ci, très puissantes, ont leur bord interne fortement denté, et leurs muscles d'at-

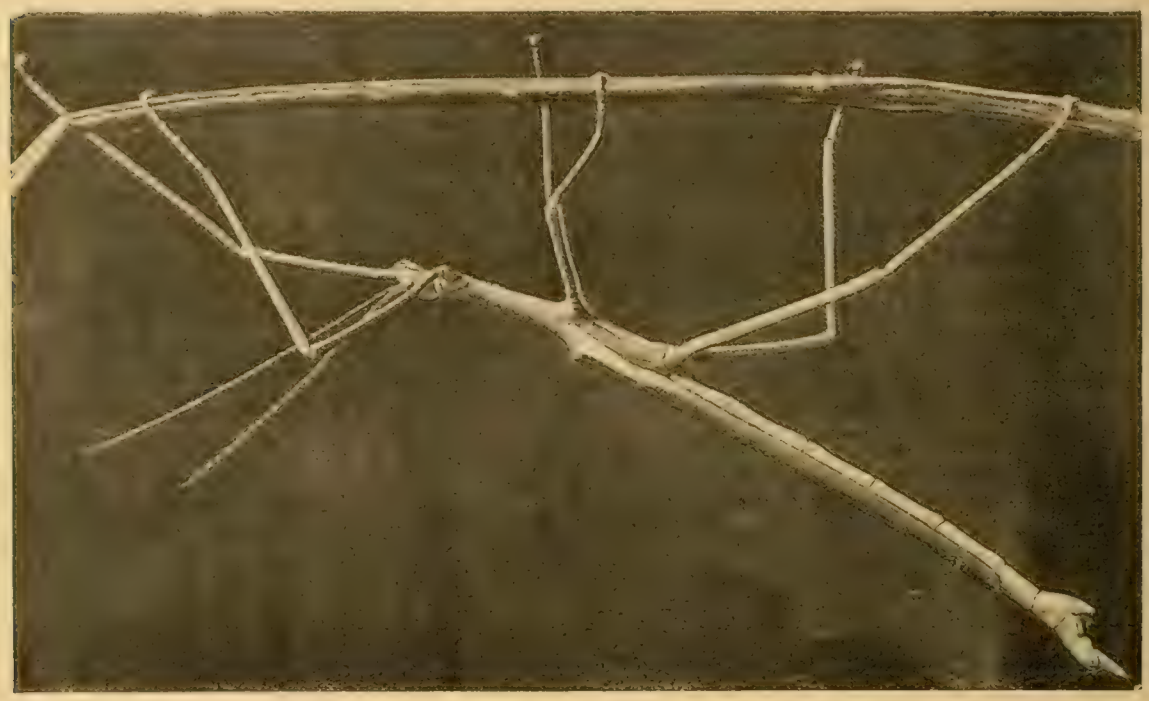


Fig. 3. — Cyphocrania ♂ *à l'état parfait.*

fixé par les pattes postérieures à la branche qui le supporte, il ramène vers lui au moyen de ses pattes antérieures la feuille, objet de ses désirs; les palpes, qui semblent bien être les organes de la sensation, du goût et du toucher, maintiennent la partie supérieure bien verticale devant la bouche, et le repas commence; la tête alors très élevée, avec ses antennes gracieusement recourbées sur le thorax, décrit dans la feuille atteinte un arc de cercle très régulier; plus grosse que le reste du corps, cette tête aux bords arrondis a un aspect si extraordinaire qu'elle inspire à mes visiteurs un mouvement instinctif de surprise et d'effroi, surtout lorsque l'Insecte la tourne de droite et de gauche en ouvrant largement la bouche.

Ovale et sur le devant d'un vert assez foncé, tachetée parfois d'un brun noir, le front fuyant en arrière, les yeux à réseaux d'un beau vert, tache leur donnent une apparence redoutable. Dans leur mouvement, les mandibules chevauchent l'une sur l'autre, cisaillent le feuillage comme à l'emporte-pièce, et l'Insecte avale sans paraître triturer.

La lèvre inférieure porte deux petits organes, minces, assez larges, membraneux, de couleur vert pâle, se terminant par une pointe noire; ces organes, en rejoignant la lèvre supérieure, couvrent complètement la bouche.

Les quatre palpes, considérés par de Serres comme le siège de l'odorat, sont continuellement en agitation. Les deux palpes labiaux à 3 articles, insérés sur les côtés de la lèvre inférieure, ont un frémissement rapide et fréquent, alors que tout le reste du corps demeure dans une immobilité absolue.

Au-dessus de la lèvre inférieure, à l'intérieur de la bouche, une petite proéminence

membraneuse se présente, que certains auteurs anciens considéraient comme une langue, bien que la forme en soit assez mal définie.

Entre les yeux proéminents et à réseaux et la racine des antennes, je découvre par un examen attentif trois petits yeux lisses, ou ocelles, disposés en triangle ; de même couleur que le crâne, ils échappent assez facilement à la vue de l'observateur superficiel; placés sous le microscope, ils donnent l'impression d'une matière brillante, irrégulière dans sa forme et sa structure, certaines parties étant plus vertes que d'autres ; les deux ocelles postérieurs, un peu plus élevés que le reste de la tête, se creusent sur le sommet en forme de petit entonnoir et par transparence reflètent la clarté de la lumière. Quelle peut être l'utilité de ces organes ? il serait intéressant de le rechercher, d'autant que leur visibilité étant presque nulle, nous devons admettre tout autre chose qu'un simple ornement.

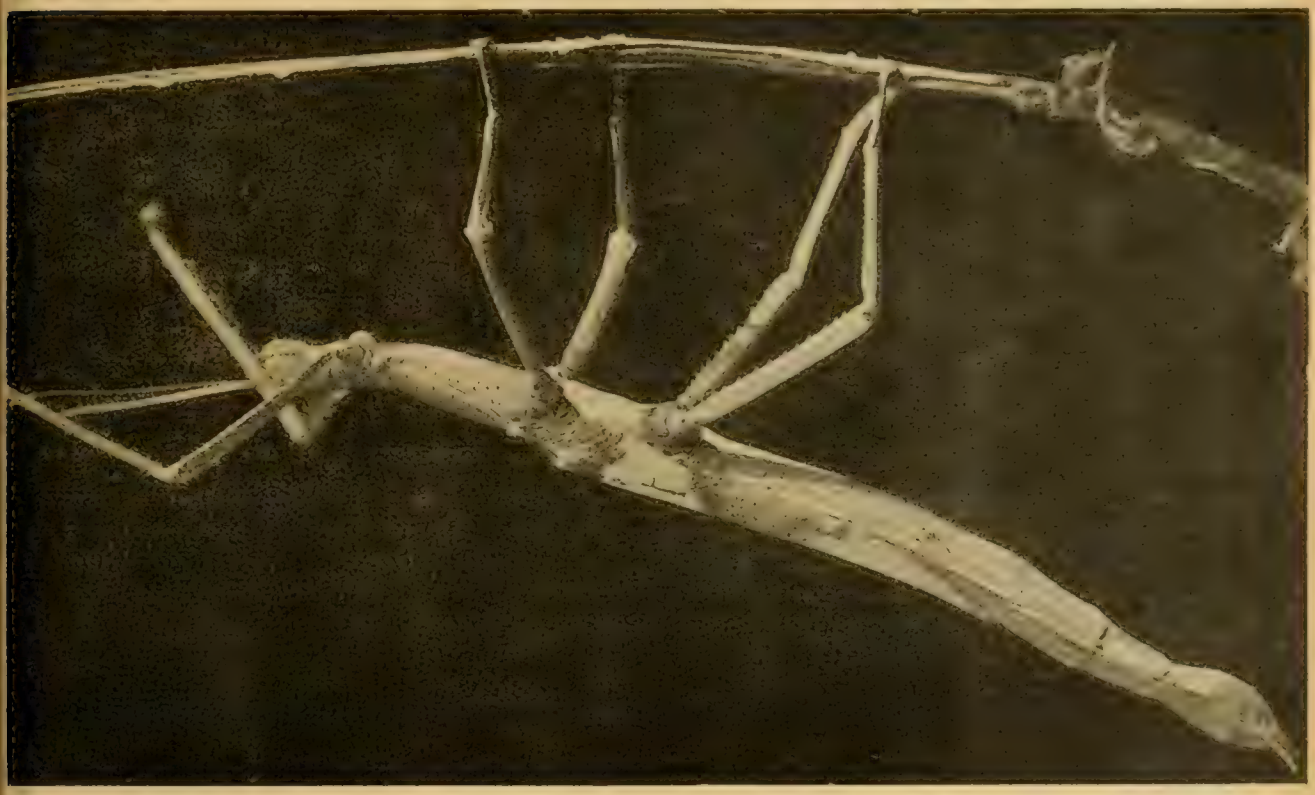


Fig. 4. — Cyphocrania ♀ *à l'état parfait.*

***

Je ne m'attarderai pas à donner de longues descriptions du *Cyphocrania* à l'état parfait, au moins en ce qui concerne ses organes externes, dont la forme ne change pas par la mort de l'Insecte; je noterai surtout les différences particulières qui le distinguent vivant des spécimens que nous trouvons dans les collections ou les musées.

Les antennes filiformes ont chez le mâle 26 articles d'une longueur totale de 65 mm. et chez la femelle 30 articles ne dépassant pas 55 mm. ; pendant la marche, ces antennes sont toujours en mouvement et donnent un caractère des plus gracieux à la démarche bizarre de l'Insecte (fig. 3).

Le *Cyphocrania* semble parfois se rendre compte de ce qui peut gêner son avance sur les branches, en frôlant de ses antennes tous les obstacles, de quelque nature qu'ils soient. Je touche très légèrement cette antenne ; l'Insecte redresse immédiatement la tête, la tourne de tous côtés, comme pour constater le danger avant de continuer sa marche; que si je recommence cet attouchement, il se réfugie tout de suite sous une branche ou sous une feuille, croyant se mettre à l'abri de tout péril par son mimétisme.

Mais si la tête, par sa forme curieuse, attire l'attention, le corselet ne lui cède en rien par l'originalité du dessin; il est d'une belle couleur verte, parsemée de fines protubérances d'un vert beaucoup plus brillant, véritables perles presque toujours symétriques et placées au nombre de 96 sur des lignes longitudinales

parallèles; après la mort de l'Insecte, ces protubérances deviennent absolument ternes et sans éclat (fig. 4).

Contrairement à l'opinion de l'auteur de l'*Encyclopédie Méthodique*, le corselet est de forme très arrondie sur le dessus et peu convexe en dessous; chez les femelles, la circonférence est de 30 mm. au mésothorax et de 55 mm. au métathorax; le prothorax, un peu moins long que la tête, possède une impression presque semi-circulaire, placée à peu près au milieu, et ne s'étendant pas au delà du disque; son dessin est très divers selon les individus, quoique la couleur dominante soit le brun plus ou moins foncé. Quelques protubérances vertes se remarquent assez nombreuses sur le mésothorax, rares sur le métathorax.

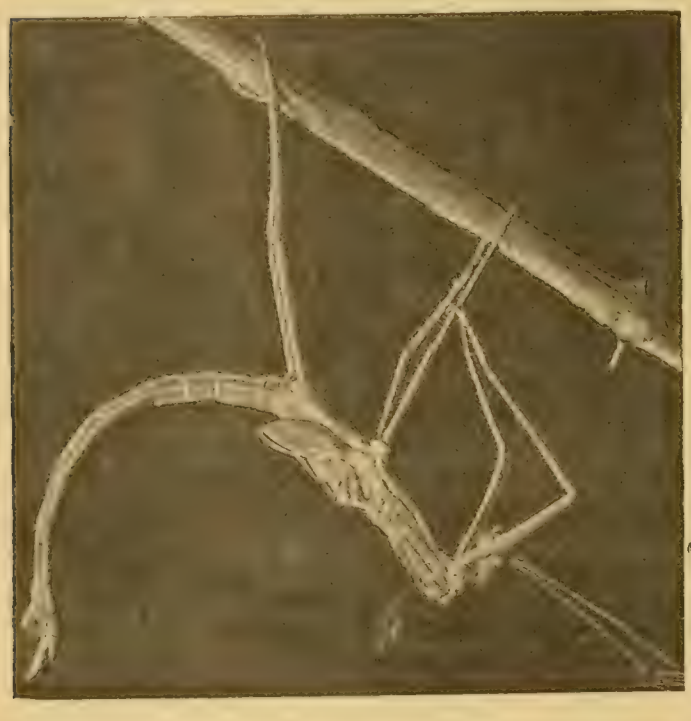


Fig. 5. — Cyphocrania ♂ *aux premiers moments de la mue.*

L'abdomen, composé de 9 anneaux, est énorme; il mesure chez l'Insecte adulte jusqu'à 13 centimètres de longueur, et son pourtour est de 5 centimètres, quand il n'est pas fécondé, car dans la fécondation la présence de quantité d'œufs le grossit considérablement; sur les parties latérales des anneaux, on aperçoit nettement les ouvertures des stigmates, et les mouvements très réguliers que l'on distingue permettent de suivre facilement toutes les phases de la respiration.

A la naissance, chaque segment est séparé du suivant par une ligne rouge qui disparaît peu à peu dans les mues successives, pour ne laisser place qu'à une légère bande brune marquant l'incision.

Dans l'état larvaire, ces Insectes vivent exactement comme à l'état parfait; mais, contrairement à l'opinion de Stoll, ils ne s'accroissent pas d'une façon continue et progressive; ils grossissent seulement un peu dans l'intervalle des mues sans grandir, au moins d'une façon notable; au début les ailes semblent ne pas exister, on ne les aperçoit que vers la troisième mue, et à l'état parfait, seulement elles prennent leur entier développement dans un laps de temps de 30 à 35 minutes Les élytres ne recouvrent qu'une faible partie des ailes; ils mesurent 45 mm. de longueur chez les femelles et sont très diversement teintés; lorsque l'Insecte est dérangé dans son repos, il ouvre largement ses ailes, qui, par leur frottement rapide contre les élytres, produisent un bruissement perceptible à la distance de plusieurs mètres; ainsi s'explique le bruit que l'on entend parfois dans la cage, bruit analogue à celui produit par une étoffe que l'on déchirerait brusquement.

Le mâle vole souvent et facilement; son vol, plus léger que celui de la Libellule, est aussi moins saccadé; ses élytres et surtout ses ailes se détériorent malheureusement trop souvent dans mes insectariums, soit parce qu'elles sont accrochées par les épines au passage à travers les branches, soit parce que, exposées à l'air insuffisamment renouvelé, les agents extérieurs de destruction, tels que la moisissure, l'humidité ont plus d'action sur elles, et c'est grand dommage, car dans le vol la beauté du coloris se multiplie et varie à l'infini par le mélange du vert, du jaune et du brun. Il ne m'a jamais été donné de voir une femelle au vol; fréquemment, je les ai lancées dans ma cour d'une hauteur de plusieurs mètres, elles tombaient assez lourdement sur le sol, ouvrant leurs ailes qui servaient simplement de parachute, et cet accident ne semblait aucunement nuire à leur santé. Les muscles d'attache des ailes, aussi forts que ceux des pattes, dénotent cependant une grande puissance, mais l'énorme grosseur de l'abdomen, et sa longueur doivent empêcher le malheureux animal de se servir de ses ailes pour s'élever en l'air et le force même à progresser assez lentement.

*
* *

Depuis le mois d'août 1914 jusqu'au même mois de l'année suivante, j'ai assisté à un cycle

ininterrompu d'éclosions, de mues, d'accouplements d'Insectes parfaits et de pontes successives. Chaque jour, quelques nouveaux individus apparaissent qui renforçent la colonie ; ce sont de véritables grappes d'Insectes suspendus les uns aux autres; aussi les mues qui mettent l'Orthoptère à la merci de tous ses voisins deviennent-elles presque toujours désastreuses.

Ce phénomène de la mue (fig. 5) étant chez le *Cyphocrania* exactement semblable à celui des Phyllies, dont j'ai parlé dans un article précédent[1], je n'y reviendrai pas ici ; je noterai cependant l'extrême délicatesse de l'Insecte à ce moment de son existence ; combien de sujets j'ai perdus, parce que l'étroitesse de leur cage ne leur permettant pas de s'isoler, leurs compagnons dans leur promenade nocturne avaient déchiré les téguments en transformation.

Il faut donc donner le plus grand espace possible et multiplier les abris, si l'on veut obtenir un élevage suivi; parfois même une intervention chirurgicale est utile et amène de précieux résultats.

Certain soir, une nymphe prenait sa forme adulte, quand la tête, se dégageant de son enveloppe, se trouva coincée entre deux branches et arrêtée dans son évolution ; une patte brisée à son extrémité par les épines des Ronces laissait couler quelques gouttes de liquide vert ; je ligaturai d'un petit fil la patte sectionnée, dégageai doucement la tête, coupai toutes les branches voisines, et l'Insecte put, à l'heure décisive, faire son complet rétablissement, et se développer sans entraves (fig. 6).

Fig. 6. — Cyphocrania *opérant son rétablissement pour s'accrocher à sa dépouille.*

Quelques auteurs prétendent que les larves et les nymphes des Orthoptères cessent de manger au moins deux jours avant de subir leur transformation ; le fait ainsi généralisé est grandement exagéré, car très souvent j'ai pu constater que les *Cyphocrania* ne refusent point leur nourriture, même quelques heures avant la mue.

Le 5 septembre vers 5 heures du soir, ouvrant la porte d'un insectarium, je fus agréablement surpris : une stridulation doucement modulée se faisait entendre au milieu du feuillage, stridulation atténuée, mais assez semblable à celle que produit le Criquet de nos champs dans les chaudes journées de l'été. Je m'appliquai longtemps à rechercher l'auteur de ce bruit : mes efforts furent inutiles ce jour-là, car le mouvement de la main sur le feuillage effrayait les *Cyphocrania*, et tout bruit cessait immédiatement. Le lendemain, j'ouvris de nouveau la porte de l'insectarium avec les plus grandes précautions ; je perçus facilement le même bruit, et distinguai nettement l'Insecte femelle producteur de ce son, mais il me fut impossible de reconnaître l'organe en jeu ; les élytres, les pattes n'avaient aucun mouvement perceptible ; seules les palpes s'agitaient doucement et je ne pus me rendre compte si cette stridulation, vraiment curieuse, provenait de ces organes, ce qui me semblerait difficilement admissible.

L'instinct de ces animaux est très rudimentaire, comme du reste celui des Phyllies ; ils n'ont aucune initiative , ce qui explique la nécessité pour l'éleveur de surveiller fréquemment

1. Voir la *Revue gén. des Sc.* du 15 octobre 1916, t. XXVII, p. 550 et suiv.

ses cages ; ainsi, l'Insecte, comme d'habitude, est monté au sommet des branches, il a dévoré toutes les feuilles supérieures, et le bas des tiges demeure très touffu; descendra-t-il apaiser sa faim où la nourriture abonde ? Non pas, il monte aussi haut qu'il le peut, et parcourt la cage à la recherche d'un feuillage absent; je le prends, il se laisse tomber lourdement, grimpe aux rameaux et remonte à sa première place, sans s'arrêter sur les branches touffues ; il faut que la faim le presse bien vivement, si je veux qu'il reste fixé aux rameaux feuillus.

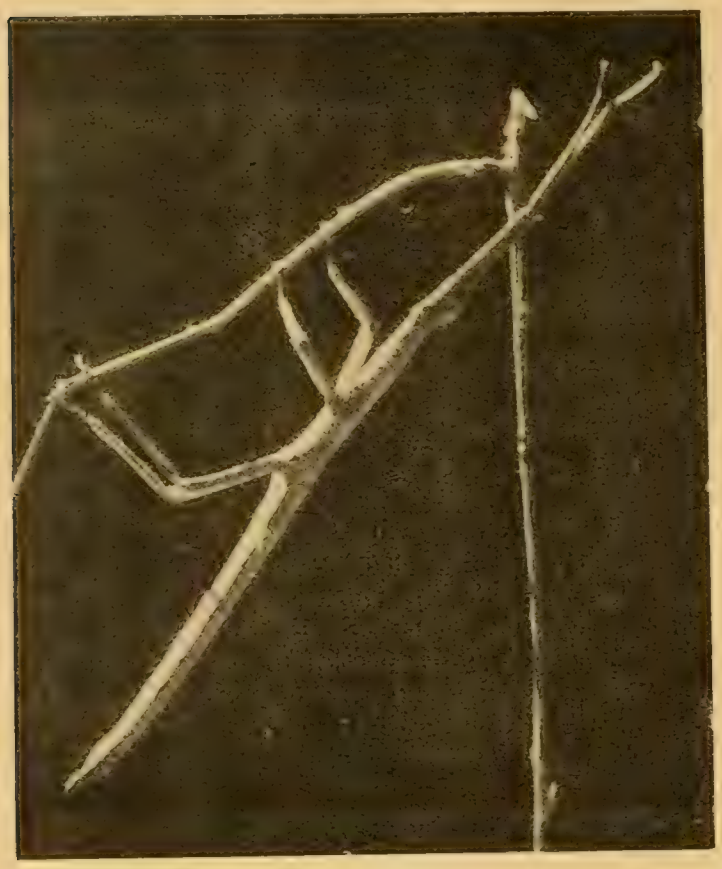


Fig. 7. — *Mimétisme du* Cyphocrania.

La couleur dominante imite admirablement le vert des tiges de Ronces, mais ce serait une erreur de croire à l'uniformité de ce coloris dans tous les spécimens ; bien au contraire, chaque individu est différent de son voisin par quelques dessins particuliers qui disparaissent après la mort. Chez les uns, des lignes noires parsèment le corps, même la tête, les pattes et les lamelles de l'abdomen ; chez d'autres, des points rouges sur les côtés de l'abdomen enrichissent la tonalité générale ; quelques-uns ont, à la naissance des pattes de fortes taches d'un très beau noir, mais un fait remarquable, c'est que si un dessin apparaît au thorax, le même dessin existera sur toutes les autres parties du corps ; chaque individu est différent d'un autre, mais il demeure lui-même parfaitement homogène.

Le mimétisme dans la larve est absolu; elle se confond entièrement avec la tige qui la supporte (fig. 7); aussi le lendemain d'un changement de feuillage, en trouve-t-on presque toujours quelques-unes raidies par le froid au milieu des rameaux jetés dans la cour.

Les mâles présentent de très grandes différences avec les femelles, tant au point de vue biologique qu'au point de vue morphologique; ils ont un développement plus rapide que leurs compagnes, et arrivent souvent à l'état adulte avant celles-ci, soit parce qu'ils ne subissent que sept mues, les femelles se transformant huit fois, soit parce que ces transformations sont plus rapprochées. Du reste, il est difficile de tabler sur un nombre constant de transformations; une mutilation qui donne une effusion sérieuse de sang semble diminuer le nombre de mues. Dans ce cas l'avant-dernière n'existerait plus et la larve passerait immédiatement à l'état d'imago ; il y aurait suppression de l'état nymphal.

L'état larvaire et nymphal dure en général de 4 à 5 mois, mais une chaleur plus continue et plus intense avance beaucoup l'époque des transformations. Lorsque le mâle a atteint toute sa perfection, sa durée de vie est de trois à quatre semaines, le temps de procréer, et dans cet état il mange très rarement; la femelle, au contraire, qui doit perpétuer la race, prolonge sa vie familiale et maternelle six à sept mois; si la vitalité du premier est relativement faible, chez la seconde elle dépasse tout ce que l'on peut imaginer.

Une femelle d'un magnifique coloris que je veux conserver intacte dans ma collection est mise dans une cuvette contenant du cyanure de potassium; je la retire après trois heures de bain dans cette atmosphère; elle paraît bien morte. Je la vide complètement de tous ses organes intérieurs, ne laissant que la peau qui est devenue presque transparente ; j'ai grand soin de nettoyer la tête avec un tampon d'ouate; les pattes sont fortement pressées, et tout le liquide vert jaillit au dehors. Je remplis la peau d'un coton très épais, afin de conserver à l'Insecte dans la

dessiccation sa forme primitive, et je l'étale. Ceci se passait un lundi soir vers 9 heures : le lendemain matin, cette femelle vivait encore : il fallait la remettre dans le flacon à cyanure et l'étaler de nouveau.

Je crus tout d'abord m'être trompé, le cyanure devait être de mauvaise fabrication, ou mon Insecte mal vidé; je recommence donc la même opération avec deux nouveaux sujets, les précautions les plus minutieuses sont prises, le cyanure est renouvelé, et le résultat est identiquement le même ; le lendemain mes deux Insectes vivent toujours.

Certains faits dans la vie de ces Orthoptères échappent à toute explication plausible : tout est calme dans l'insectarium, pas un mouvement, pas un bruit, quand sans raison apparente une larve ou une nymphe projette ses pattes de-ci, de-là avec une extrême violence; tout le corps est agité d'un tremblement fébrile qui s'accentue rapidement; c'est une vibration de l'être tout entier, une sorte de danse extravagante dont le sens ne peut se comprendre (fig. 8). Cette agitation s'apaise brusquement après 4 ou 5 minutes, sans que l'animal change de place.

Le mode de ponte du *Cyphocrania* ne se différencie en rien de celui de la Phyllie; au moment voulu, un mouvement rapide de l'abdomen d'avant en arrière se produit, et l'œuf est projeté au loin dans le feuillage, ou va frapper violemment les vitres de l'insectarium; cet œuf ne saurait subir de dommage, car son enveloppe épaisse supporte un choc puissant sans se briser, et sa ressemblance avec certaines graines le dissimule facilement aux regards de ses ennemis. Cette protection relative de l'œuf du *Cyphocrania* est-elle avantageuse ou regrettable? Je n'oserai me prononcer aujourd'hui; cependant, en considérant qu'une seule femelle pond de 1.200 à 1.300 œufs, et que chaque Insecte, adulte surtout, est d'une extraordinaire voracité, on peut faire des vœux pour l'utilisation scientifique ou agricole de ces Orthoptères si remarquables.

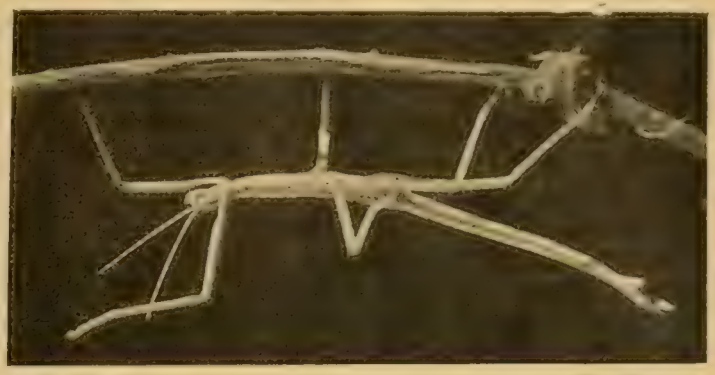


Fig. 8. — Cyphocrania *en état d'agitation.*

L'abbé G. Foucher,
Conservateur du Musée
de l'Institut Catholique de Paris.

L'EXPLOITATION DES ZONES DE SÉDIMENTATION

I

Le vent et l'eau enlèvent chaque jour aux sols des aires émergées des éléments minéraux ou organiques, pour les répartir sur le lit des rivières et des lacs, sur un cinquième environ du fond des océans, sur leurs plages et leurs dunes côtières sous forme de galets, de sables, de poussières ou de boues.

Ils arrachent d'abord aux aires érodées les éléments fins et solubles; ils mobilisent les richesses minérales contenues dans les roches en faisant subir aux matériaux grossiers une préparation mécanique qui les affine et les rend plus facilement utilisables à la nutrition végétale et animale.

Les éléments fins du sol, de densité assez faible pour flotter dans l'eau, sont transportés sans usure ni modification jusqu'aux aires d'alluvionnement qu'ils enrichissent. Les éléments grossiers, qui glissent et roulent sur les fonds en s'entrechoquant, sont au contraire rapidement arrondis ou fragmentés : Fayol a constaté que, dans les cours d'eau à pente rapide (voisine de 0 m. 02) du Bassin de Commentry, un parcours de 5 kilomètres réduit de 0 m. 20 à 0 m. 02 le diamètre de tous les blocs de gneiss et de micaschiste, et qu'un parcours double amène ces mêmes matériaux à l'état de grains fins et de limon.

Les matières solides que l'érosion entraine chaque année à l'Océan représentent, d'après de Lapparent[1], un volume de 10 kilomètres cubes.

D'après Hautreux[2], la Gironde rejetterait par

1. Traité de Géologie, t. I, p. 227.
2. Sables et vases de la Gironde. *Soc. des Sciences de Bordeaux*, 1886.

jour 100.000 tonnes de vases et 5.000 tonnes de sables, et les 10 millions de m³ de limon, que, d'après l'ingénieur Mangon, la Durance entraîne annuellement représentent un dépôt capable de recouvrir 200.000 ha sous une épaisseur de 0 m. 25.

La diffusion des éléments salins, par les eaux d'infiltration de haut en bas et de bas en haut dans le sol, par les eaux de ruissellement sur le flanc des montagnes et des vallées, a été bien étudiée[1].

Les sédiments entraînés ont été étudiés par les ingénieurs hydrauliciens dans les ports et les bassins-réservoirs qu'ils encombrent; mais, ce point de vue spécial mis à part, l'étalement lent des débris de l'érosion, leur atterrissement en longs alignements passent le plus souvent inaperçus. Les nouvelles couches géologiques formées sont particulièrement importantes dans les baies et les mers fermées, dans les Relictenseen[2] de la côte Courlandienne, dans les baies poméraniennes isolées par les « Nehrungen[3] », sur les basses côtes danoises au fond des « Bredningen[4] », et dans les « Watteringhen » des côtes flamandes.

Les « swamps » et les « flats[5] » des côtes du Norfolk et de l'Essex... ont inspiré aux littérateurs anglais nombre de descriptions pittoresques[1].

La bordure de nos Méditerranées n'est qu'une suite de grands alignements arénacés ou « lido », à l'abri desquels les limons se forment dans les « Valli[2] » et les deltas[3] (fig. 3).

En France, à peine quelques saillies résistantes de nos côtes, roches ou falaises, reculent devant la mer; au contraire, nos presqu'îles normande et bretonne se frangent d'atterrissements[4] (fig. 1).

Du Morbihan à la côte Basque, nos fleuves de l'Ouest et du Sud-Ouest fournissent les courants marins de matériaux terrigènes. La Garonne, par exemple, dépouille de leur argile les Pyrénées centrales, de leur couche arénacée magnétique les Monts Cantabres[5].

Les vases de la Gironde encombrent les golfes de la Vendée, alors que ses sables barrent sur 250 kilomètres de longueur l'accès de la côte aux rivières landaises, dont les estuaires, fermés, se sont transformés en lacs[6] (fig. 2).

Les sables, conduits au niveau de base par les voies fluviales, et réalluvionnés ensuite par voie éolienne, comme l'a montré Surrel dans ses études sur les torrents des Alpes (1872), ont suffi à l'édification de provinces entières, les Landes par exemple.

A l'abri des cordons littoraux, les vallées s'encombrent de sédiments. La région du « Marais » au sud de la Somme, du « Marquenterre » au nord, représente une ancienne plage de sable dont le sol s'est colmaté à l'abri des dunes littorales modernes[7].

Pour évacuer les eaux limoneuses que les cordons littoraux de galets faisaient s'accumuler en

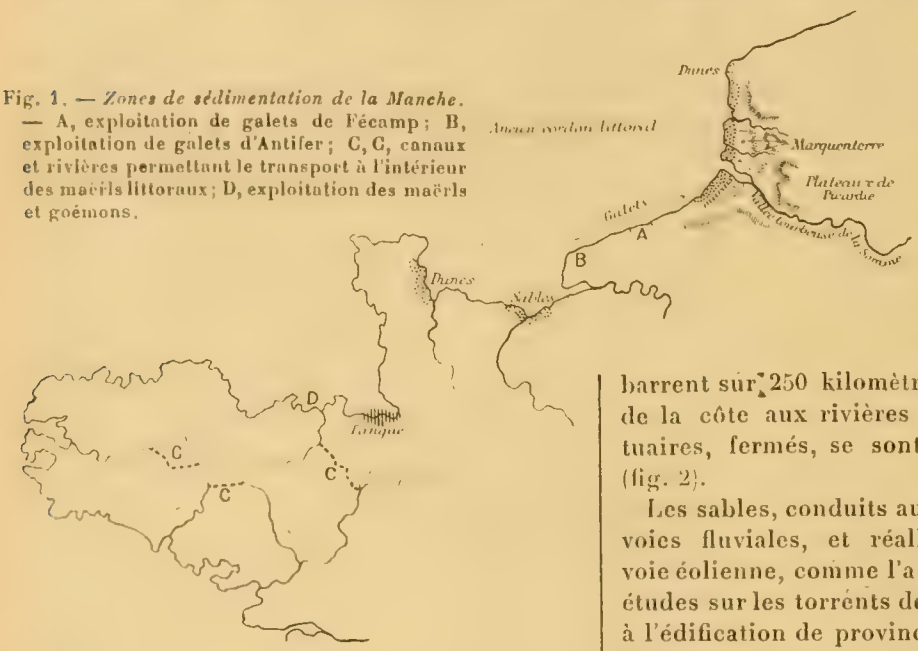


Fig. 1. — *Zones de sédimentation de la Manche.* — A, exploitation de galets de Fécamp; B, exploitation de galets d'Antifer; C, C, canaux et rivières permettant le transport à l'intérieur des maërls littoraux; D, exploitation des maërls et goémons.

1. André : *Chimie agricole*, t. I. Paris, 1915.
2. Doss : Postglacial Hebung des Rigaer Strandes. Riga, 1898.
3. P. Gerhardt : *Handbuch des Deutschen Dünenbauer*. Berlin, 1900, p. 113 et 130.
4. *Report Danish Biol. St.*, Cartes.
5. Camille Vallaux : La mer du Nord. *Rev. gén. des Sc.*, 1912, p. 425.

1. Dickens : *David Copperfield*.
2. Hornell : Marine fish farming. *Madras fish. Bureau, Bull.* 6; p. 24, 1911.
3. Feletti : Intorno all attuale salsedine della acque... Comacchio, 1909.
4. Fabre : La pénéplaine landaise. *Bull. Géog. hist. et desc.*, n° 2, 1903.
5. Hautreux : La côte des Landes. *La Géographie*, 15 nov. 1900.
6. Les sondages récemment effectués dans le lac de Cazeaux par M. le Dr Lalesque, en ramenant du fond des Diatomées *marines* mortes sous une couche de Diatomées d'eau douce vivantes, ont apporté une nouvelle preuve de l'ancienne ouverture de ce lac vers la mer (v. catalogue de la collection Peragallo).
7. Commandant Barré : *L'architecture du sol de la France*, p. 377. Paris, 1903.

lacs temporaires au fond des vallées d'Etretat, la municipalité a dû faire percer dans la falaise un tunnel de drainage (fig. 4).

II

Les éléments que l'eau ou le vent ont entraînés dans les rivières ou les mers, s'ils sont perdus pour le sol dont ils proviennent, n'en sont pas moins, grâce aux phénomènes d'alluvionnement ou de réalluvionnement, susceptibles de rentrer

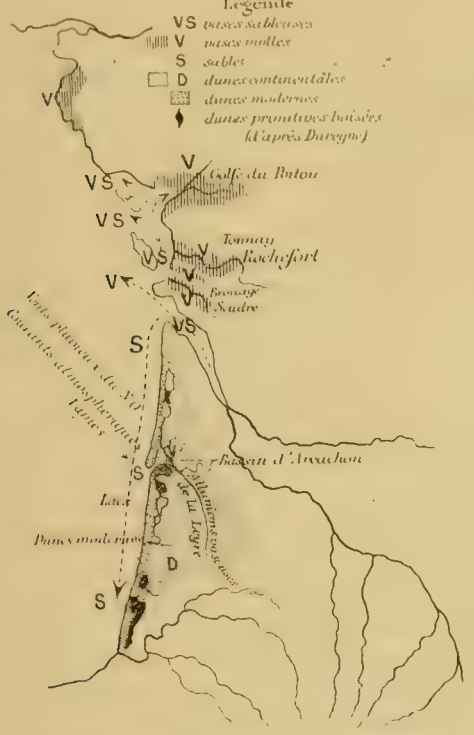


Fig. 2. — *Zones de sédimentation du golfe de Gascogne.*

dans la circulation des richesses naturelles, et d'être finalement restitués à l'agriculture, soit qu'ils aient pris une forme directement exploitable, soit que dans le métabolisme des eaux ils deviennent la source de produits utilisables.

Les galets de silex des plages de la Haute Normandie, outre la protection qu'ils accordent aux falaises et aux valleuses cultivées contre l'érosion marine, sont très demandés par les usines américaines pour la fabrication des objets en « terre de fer ». Le ramassage et le tri des galets, leur chargement sur les chalands dans le port de Fécamp ou le long des quais taillés en pleine falaise à Antifer, fournissent aux journaliers agricoles de la région un travail rémunérateur pendant la morte saison d'hiver.

Les galets de la Dordogne, de la Garonne[1], de l'Adour[1]... sont largement employés comme matériaux d'empierrement et pour les constructions rurales.

Les vases, les limons déposés au fond des eaux sont des éléments de grande fertilité. Si leur exploitation directe n'est presque jamais possible, il est souvent donné aux agriculteurs d'en provoquer le dépôt sur leurs terres voisines

Fig. 3. — *Zones de sédimentation de la Méditerranée.*

des rivières ou de la mer, ou de conquérir à la culture les aires d'alluvionnement côtières.

On sait que l'Egypte n'existe que par le Nil[2] : ses crues l'ont créée et la récréent tous les ans. A l'imitation de ce colmatage naturel, plusieurs fleuves à crue sont employés à des colmatages artificiels.

Au fond du golfe de Saint-Malo, de vastes surfaces ont été conquises sur la mer grâce à l'utilisation de la « tangue » amenée par les flots :

Fig. 4. — *Desséchement de la valleuse d'Etretat.*

l'ancien marais de Dol est aujourd'hui une région bien cultivée, au milieu de laquelle se dresse l'ancienne île rocheuse du Mont-Dol.

Enfin la Nouvelle-Ecosse offre le plus bel exemple de l'utilisation agricole des sédiments marins : des « marsh lands » conquises sur la baie de Fundy, au moyen de digues érigées par les premiers colons, ont donné pendant 50 ans

1. Harlé : Cailloux pyrénéens du cours inférieur de la Garonne. *Bul. Soc. Géol. de France*, p. 35; 1900.

1. Id. : Gisements d'origine des cailloux de l'Adour. *Ibid.*, 1895.

2. Fabre : Boisements, irrigations. *VIIe Congr. Int. d'Agr.*, Rome, 1903.

de riches récoltes de foin. Quand les sols s'épuisent, les cultivateurs ouvrent les digues pendant un certain temps pour permettre à la marée de faire un nouveau dépôt d'alluvions.

III

Dans l'immense majorité des cas, cependant, les produits entraînés par l'érosion seraient perdus pour l'industrie humaine si les organismes végétaux ou animaux du milieu aquatique n'intervenaient par une action physique ou physiologique pour les fixer sous une forme exploitable.

Les rivières et les fleuves sont bordés de tourbières ou de marécages où, principalement pendant les crues, les sédiments sont arrêtés par une végétation de roseaux, de joncs, de *Sphagnum*. Ces marécages peuvent, dans le cas des grands fleuves de l'Europe centrale[1], élargir sur plusieurs kilomètres les vallées des cours d'eau, et donner lieu à des accumulations considérables de sédiments.

L'estuaire des fleuves est fréquemment encombré de bancs argileux fixés par une végétation très particulière de Graminées et de Plombaginées, en particulier le *Spartina stricta*. Cette espèce aux chaumes robustes, mais aux tiges tendres, se trouve sur le littoral de l'Europe occidentale et de l'Adriatique. Elle forme dans l'estuaire du Tage de grandes prairies où pâturent à marée basse les troupeaux de bœufs et de taureaux. D'après M. Gruvel[2], elle foisonne dans les fonds vaseux des estuaires et des marigots du Maroc et constitue un refuge très sûr pour les flamants roses, les courlis, les pélicans...

Si les sédiments fluviaux n'ont pas été arrêtés par le filtre que forment les tiges de ces diverses plantes, ils peuvent être encore retenus sur les côtes rocheuses par les Algues, sur les côtes sableuses par des Phanérogames marins, et donner des boues à Zostères, des lits d'argile modernes, des dépôts de limons exploités.

Les viticulteurs du bassin d'Arcachon viennent soigneusement recueillir les dépôts retenus au fond des criques par une végétation d'algues vertes[3] courtes et raides qu'ils appellent « poils de chat » (*Vaucheria thuretii*).

Les végétaux aquatiques utilisent naturellement pour leur nutrition les éléments des boues terrigènes qu'ils arrêtent, et les fixent sous une forme que l'agriculture peut employer avec avantage.

Les travaux de M. Schribaux[1] ont montré que les tourbières sont des mines d'azote mises à la disposition de la culture dans des régions le plus souvent pauvres. La tourbe, les joncs, les roseaux sont des succédanés précieux de la paille pour les litières.

Sur nos côtes, 2 millions 1/2 de m³ d'algues marines, valant 4.266.000 francs, ont été récoltés pendant la période 1903-1905. Les goémons sont répandus comme engrais sur les pâturages normands, enfouis dans les cultures de lin du littoral breton ou les terres du marais vendéen[2], et sur les plages du Bassin d'Arcachon, les Zostères[3] (ou foin de mer) sont livrés en tas à la fermentation et employés avec les composts par les jardiniers.

IV

Les zones de sédimentation, avec leurs riches prairies aquatiques et les matières nutritives que les courants accumulent sur leurs fonds, portent une population zoologique souvent très dense.

Un grand nombre des animaux aquatiques sont en effet herbivores, mais un plus grand nombre encore sont capables de se nourrir aux dépens des boues elles-mêmes, comme l'ont montré Wesemberg-Lund[4], dans les eaux douces, Joh. Petersen et P. Boysen-Jensen[5] dans les eaux saumâtres ou salées.

Petersen a étudié de ces animaux détritivores parmi les Foraminifères, les Lamellibranches, les Echinodermes, les Vers, les Crustacés et les larves de Diptères. Il s'en trouve même des représentants parmi les Poissons : les mulets, dit M. Hornell[6], peuvent vivre et s'engraisser au dépens de la boue chargée de diatomées ou d'algues microscopiques; peut-être même se contentent-ils des matières organiques en décomposition contenues dans la boue.

---

1. A. Behning (Suratow, Russie) : Funde in Wolgabassin. *Int. Rev. Hydrographie*, t. VI (Juin 1914, Leipzig).

2. Gruvel et Daveau : Mission des pêcheries de la côte occidentale d'Afrique. *Actes Soc. linn. Bordeaux*, t. LX, p. 8 et 15; 1905.

3. Sauvageau : *Trav. des Labor. St. Biol. d'Arcachon.*

1. Schribaux : Agric. générale. Cours professé à l'Inst. agronomique, 1914, et Expér. du Service des Améliorations agricoles à Andryes (Yonne). — Voir également Sierig : Die Moorkultur, Berlin, 1913. — X... : Houille blanche et houille grise en Russie. *Rev. gén. des Sc.* du 30 juin 1915 ; — L'utilisation de la tourbe *Ibid.*, 15 juin 1915.

2. B. de Laujardière : La Récolte du Goémon. *Vie agricole*, t. IX, p. 233; sept. 1916.

3. Composition chimique moyenne :

des Zostères	des Goémons
Cendres 25 % du poids sec	Ac. phosphorique 0.5 à 1.25 %
Azote 1.5 % »	Potasse 1.5 à 4.5 %
	Azote 1.5 %

4. *Medd. f. D. geologisk Forening*, n° 7, 1901.

5. *Report. Danish Biological Station*, Copenhague, t. XX, p. 7, 1911, et t. XXII, p. 55, 1914.

6. Marine fish farming. *Madras fish. Bur : Bull.* 6, p. 73, 1911.

TABLE ANALYTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXVII DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES

(DU 15 JANVIER AU 30 DÉCEMBRE 1916)

I. — CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Astronomie et Géodésie

Photographies monochromatiques de Jupiter et de Saturne. 198
La nature des nébuleuses spirales 229
Une illusion horizontale-verticale de clarté. 261
L'atmosphère de Mars. 453
Effets possibles du magnétisme planétaire. 573
Méthode spectroscopique pour la détermination des parallaxes stellaires. 670

Anatomie et Physiologie

François (A.). — A propos de l'étude analytique du mécanisme de l'écriture 704
Les effets neuro-musculaires de doses modérées d'alcool. 72
Le seuil de la vision pour les diverses couleurs 137
Action des rayons ultra-violets sur les milieux réfractifs de l'œil. 168
L'utilisation des mutilés de la guerre. 233
La nature de la stimulation mécanique. 296

Biologie générale

Les mouvements des Amibes et le rôle de la tension superficielle. 232
Effets de la force centrifuge sur la polarité de l'œuf de *Crepidula* 232
Y a-t-il un coefficient de température de la durée de la vie? 544
La vitesse de régénération des organes ayant subi des sections répétées. 642

Botanique et Agronomie

Nouvelle méthode de détermination de la dureté des bois. 38
La constitution microscopique des charbons. 168
Le remplacement des arbres détruits. 263
Influence du chauffage des grains sur le développement du blé. 296
Une nouvelle fibre textile. 392
Un champignon lumineux, le *Pleurotus japonicus* . . . 424
Les Etablissements agricoles de recherches scientifiques; ce qu'ils sont, ce qu'ils devraient être 704

Chimie

La galvanoplastie au cobalt. 3
La structure des molécules et la conductibilité électrique dans les cristaux liquides. 38
Inflammation des mélanges explosifs par les étincelles électriques. 198
La constitution des anthocyanines 199
La préparation indigène du sel marin aux Iles Philippines 231
La théorie de l'accumulateur au plomb. 328
Préparation du carbone colloïdal. 359
Protection électrolytique des miroirs argentés 360
Les filtres en pulpe de papier. 392
La raréfaction de l'essence de pétrole et son extraction du gaz naturel 423
Recherches sur la structure de la laine 456
Un nouveau procédé pour la distillation du goudron. . 499
Influence des impuretés gazeuses contenues dans l'argent, sur les valeurs obtenues pour son poids atomique 542
Sur une modification active de l'hydrogène produite par les rayons α. 576
Les diverses formes du carbonate de calcium 609
Ionisation et dissociation de la molécule d'hydrogène. Formation de H^3 640
Préparation de fer et d'alliages fer-carbone purs. . . . 702
La constitution et la microstructure de la porcelaine. . 703

Distinctions et solennités scientifiques

Les médailles de la Société Royale de Londres. 669

Electricité industrielle

Sur une lampe à arc de dimensions réduites et de grande puissance. 102
L'influence de la fréquence des courants alternatifs ou des courants à renversement moins fréquent sur la corrosion électrolytique. 231
Le développement et les caractéristiques des stations centrales américaines. 328
L'électrification d'une ligne ferrée américaine. 608
Indicateur de synchronisme. 639
Les piles sèches. 672
La traction électrique par courant continu à haute tension 702

Enseignement

Gain (Edmond). — Tableaux de cours pour l'enseignement supérieur. 5
Rabut (Ch.). — Tableaux de cours pour l'enseignement supérieur. 137
Serre (E.). — A propos de l'enseignement technique et professionnel 201
Le projet de création de Facultés de Sciences appliquées 297
L'avenir des Muséums de province 500

Ethnologie

La distribution géographique de la pratique de la momification et sa signification 39

Géographie et Colonisation

Regelsperger (Gustave). — L'exploration du Sahara occidental 3
— L'Expédition antarctique de Sir Ernest Shackleton . 393
Vichniak (J.). — La navigation dans la mer Blanche. . 330
Le chemin de fer de Pétrograd à la côte mourmane . . 104
Recherche d'îles douteuses dans le sud du Pacifique par le navire *Carnegie* 297
La population indienne, chinoise et japonaise aux Etats-Unis 361
L'Expédition suisse dans la Basse Californie mexicaine. 544

Géologie et Paléontologie

La constitution microscopique des charbons 168
Climat et évolution 263
Un volcan actif aux Etats-Unis, le Lassen Peak 457
La résistance de la croûte terrestre 543
La production, la consommation et le commerce du platine. 641

Mathématiques

L'Institut mathématique des époux Mittag-Leffler . . . 293

Mécanique et Génie civil

Barrelet (A.). — Les avions allemands modèle « Fokker » 261
La propulsion électrique des cuirassés 1
Locomotive à attelage magnétique 2
L'analyse graphique des vibrations des bâtiments . . . 69
Les mitrailleuses individuelles 231
La cause de l'adhérence du béton au fer dans le béton armé. 327
Canons sans poudre. 605
L'utilisation de la chaleur volcanique pour la production de force motrice 670

Météorologie et Physique du Globe

Gruau (C.). — La théorie de la grêle de Ch. Weyher. . 573
Nodon (Albert). — Observations sur des perturbations électromagnétiques terrestres. 422
Le rayonnement solaire et le magnétisme terrestre. . . 101
Le climat hivernal de la Méditerranée orientale 101
L'activité sismique en Espagne pendant les années 1909 à 1914 230
Le froid dû au rayonnement terrestre et ses rapports avec la végétation 450

Nécrologie

Anthony (R.). — Sir William Turner. 165
Bigourdan (G.). — O. Backlund 701
Cayeux (L.). — J. Gosselet (1832-1916) 389
Cuénot (L.). — E. Maupas 669
Gruau (Colonel). — Charles Weyher. 421
Janet (Paul). — Eric Gérard 327
Jumelle (Henri). — Edouard Heckel 133
Langlois (J. P.). — Elie Metchnikoff 497
Matignon (Camille). — Emile Jungfleisch (1839-1916) . 325
Regelsperger (G.). — Sir Clements Robert Markham . 134
Torres y Quevedo (L.). — José Echegaray 638
Sir Henry Roscoe. 69
Paul Lemoult 357
Sir Victor Horsley 541

Photographie

Coustet (Ernest). — La Phototégie. 102
— La netteté des phototypes destinés à l'agrandissement 166
Virage photographique au sulfure de cobalt 72
L'affaiblissement au persulfate d'ammoniaque 135
Photographie des couleurs sur papier. 199
Le développement au diamidophénol acide 424
Fixage avant développement 457
Papier bromoil 672

Physique

Influence de la lumière sur la conductibilité thermique du sélénium 2
Un œil téléphonique pour aveugles 3
Relation entre le parcours et le pouvoir ionisant des rayons α émis par les corps radio-actifs 37
L'augmentation du rendement lumineux des solides incandescents par la réduction de l'émission dans l'infra-rouge 37
Une analogie physique entre le magnétisme et la théorie des fluides. 70
Un projet d'unités électroniques (U). 134
Relais photo-électrique 166
Les pouvoirs de réflexion pour la lumière des peintures blanche et colorées 198
Inflammation des mélanges explosifs par les étincelles électriques 198
A propos de la fusion du carbone. 262
Lampe à arc à vapeur de cadmium. 262
Sensibilité de l'oxyde cuivreux pour la lumière. 294
Une main magnétique 295
Les constantes de la radio-activité 357
Recherches sur la transmission, la réflexion et l'absorption du son 359
Influence de l'aimantation sur l'opacité du fer pour les rayons X 391
Expériences nouvelles sur la réfraction des rayons X. 423
Le pouvoir inducteur spécifique des métaux 454
Description d'un système fonctionnant comme une résistance électrique négative. 455
Augmentation du rendement des lignes télégraphiques par l'accord acoustique. 498
Etude des détecteurs à cristaux utilisés en T.S.F. . . . 499
Description d'un synchrono-phosphoroscope 541
Pompe à vide à vapeur de mercure 575
Une nouvelle méthode pour la délimitation des organes internes chez le vivant 578
Sur l'apparition d'une force électromotrice dans les métaux en mouvement accéléré 605
Sur quelques propriétés des gouttelettes de mercure qui interviennent dans les mesures électroniques. . . . 606
Le radiostéréomètre Tauleigne-Mazo. 607
L'amortissement des oscillations du mercure 638
Loi de réponse des détecteurs au silicium. 639
Le projet de création d'un Institut d'Optique en France. 671
Répartition d'un courant électrique entre une colonne gazeuse et une dérivation métallique. 671
La mesure de la viscosité absolue des milieux très visqueux 702

Sciences diverses

Comité d'initiative de la Presse médicale et scientifique pour l'expansion économique de la France et des pays alliés. 203
A propos de la protection de la propriété industrielle en France 501
Sur un moyen efficace d'établir la liaison entre la science et l'industrie. 545

Sciences médicales

La préparation du catgut. 103
L'influence des livres d'école sur la vue. 201
Une nouvelle méthode pour la délimitation des organes internes chez le vivant 578
La durée de conservation des œufs cuits durs 674

Zoologie

Les réflexes de l'autotomie chez les Crustacés Décapodes 135
La signification biologique de l'argenture des Poissons. 200
La disparition et la réapparition d'un poisson de mer profonde 264
Le développement de la tortue de mer. 329
Le commerce des fourrures de chinchilla et la disparition de cet animal dans l'Amérique du Sud. . . . 329
La sériciculture en France. 577
Les résultats d'une campagne de destruction des sauterelles par la méthode biologique en Algérie 360
La croissance et le sexe des grenouilles parthénogénétiques. 458
L'hibernation des mouches, leur distribution saisonnière et leurs générations successives 673

II. — ARTICLES ORIGINAUX

Astronomie, Météorologie et Physique du Globe

Bosler (Jean). — Les pierres tombées du ciel et l'évolution du système solaire. 610
Briner (E.). — Le problème de l'origine chimique du rayonnement solaire 265
Everdingen (Dr E. Van). — La propagation du son dans l'atmosphère et les zones de silence 241
Puiseux (P.). — Revue annuelle d'Astronomie (1915) . . 442

Botanique et Agronomie

Dutrénoy (J.). — La mise en valeur des terres éventées en France. 472
Dutrénoy (J.) — L'exploitation des zones de sédimentation 713
Marais (Eug. N.). — Les effets d'une extrême sécheresse dans l'Afrique du Sud 112
Péchoutre (F.). — La sexualité hétérogamique des Laminaires et la reproduction chez les Algues phéosporées 643, 688

Chimie

Flamel (Nicolas). — Emploi à la guerre de l'ammoniaque et des sels ammoniacaux. 77
— Le tannage rapide et ultra-rapide 720
Mailhe (Alph.). — Revue de Chimie organique . . . 115

MAILHE. — Revue de Chimie minérale 310
— Les grandes industries chimiques organiques après la guerre 430
PICTET (André). — La distillation de la houille dans le vide 579

Commerce

BLONDEL (Georges). — L'organisation scientifique du commerce allemand 656

Enseignement et recherche scientifique

BAILLEHACHE (J. de). — Les idées du professeur Fleming sur l'organisation de la recherche scientifique 410
BERTRAND (Elie). — L'apprentissage professionnel. . . 139
JANET (Paul). — Du rôle des Universités dans l'Enseignement technique supérieur 362
LE CHATELIER (H.). — Les Laboratoires nationaux de recherche scientifique 675
RIVALS (P.). — Sur l'organisation de l'enseignement supérieur technique dans les Universités 169
Y. — L'Institution Carnegie de Washington 18
ZORETTI (L.). — Les nécessités de l'Enseignement technique supérieur 406

Géographie et Colonisation

JUMELLE (Henri). — L'organisation scientifique de notre œuvre économique dans nos colonies et dans la métropole 250
REGELSPERGER (Gustave). — L'Indochine actuelle, d'après « l'Atlas statistique » de M. Henri Brenier. 178

Géologie, Minéralogie et Paléontologie

DUFRÉNOY (J.). — L'exploitation des zones de sédimentation 713
NAVARRO (L.-Fernandez). — L'Etat actuel du problème de l'Atlantide 425, 459

Histoire des Sciences

BOCCARDI (J.). — Science germanique et Science latine. 235
LEMONNIER (H.). — L'Académie d'Architecture et les premières machines à vapeur essayées en France (1726). 306
MILHAUD (G.). — Les premiers essais scientifiques de Descartes. 502
REVERCHON (L.). — Huyghens horloger 105

Mécanique et Génie civil

A. R. (C^t). — Les projectiles à explosifs. 213
BELLET (D.). — La question de la main-d'œuvre au lendemain de la guerre. 277
CARNOT (Lazare). — Le nautile sous-marin des frères Coessin. 25
CELLÉRIER (F.). — Le rôle des Laboratoires publics d'essais. 340
GILBRETH (Frank B. et L. M.). — L'étude des mouvements par la méthode chronocyclographique 173
JARNY (de). — Les nouvelles méthodes de l'industrie moderne. Remplacement de la main-d'œuvre humaine par le travail mécanique 151
LEMONNIER (Henry). — L'Académie d'Architecture et les premières machines à vapeur essayées en France (1726). 306
OCAGNE (Maurice d'). — L'œuvre mécanique de Leonardo Torres y Quevedo. 547
LA REDACTION. — Comment développer l'industrie française après la guerre?. 138
REVERCHON (Léopold). — Huyghens horloger. 105
— L'avenir de l'horlogerie française 623
ROUSIERS (P. de). — Comment développer notre marine marchande après la guerre? 525
— Comment développer nos ports maritimes après la guerre?. 591
TAILLEFER (André). — Les modifications à apporter aux lois régissant la propriété industrielle 478
VICHNIAK (J.). — La question des glaces dans les installations hydrauliques 33
C^t X. — L'artillerie lourde de campagne, II et III 6, 40
ZACK (M.). — Les principes généraux de la construction du navire. La résistance des coques et l'agencement général de la charpente 271

Nécrologie

DARBOUX (Gaston). — L'hommage de l'Académie des Sciences aux savants tombés au champ d'honneur . 73
GUILLAUME (Ch. Ed.). — Pierre Chappuis 204

Physiologie

CUSHNY (A. R.). — L'Analyse de la matière vivante par ses réactions aux poisons. 620
DUBOIS (Raphaël). — La Biophotogenèse ou production de la lumière par les êtres vivants 511
GILBRETH (Frank B. et L. M.). — L'étude des mouvements par la méthode chronocyclographique . . . 173

Physique

BOUTARIC (A.). — L'Industrie française des instruments d'optique et ses perspectives d'avenir. . . . 298, 331
— Les récents progrès des méthodes photométriques . 467
COUSTET (Ernest). — Les progrès de la lampe électrique à incandescence 88
— La photographie aux lumières artificielles 516
— La radiographie rapide 654
CROZE (F.). — La structure des spectres. Les spectres de lignes 395
EVERDINGEN (Dr E. Van). — La propagation du son dans l'atmosphère et les zones de silence 241
GUILLAUME (Ch.-Ed.). — Pierre Chappuis et le développement moderne de la Thermométrie 204
HOULLEVIGUE (L.). — Revue d'Optique 376
MOURELO (José Rodriguez). — La phosphorescence et la phototropie des systèmes inorganiques 679
SCHIDLOF (A.). — Le mouvement brownien des particules électrisées dans les gaz et la charge de l'électron 584

Sciences médicales

ACHARD (D^r Ch.). — Revue de Pathologie générale. . . 556
BARDET (Dr G.). — L'industrie des spécialités pharmaceutiques. Les marques et produits à nom déposé . 209
WAUCLIN (A.). — La consommation des boissons alcooliques dans le monde. 60

Zoologie et Anatomie

CHAUVIN (A.). — Le développement des récifs coralliens. 338
FOUCHER (Abbé G.) — Etudes biologiques sur le *Phyllium bioculatum* 550
— Etudes biologiques sur le *Cyphocrania gigas* . . . 706
LAMEERE (Aug.). — La métabolie des insectes 370
MARAIS (Eug. N.). — Les effets d'une extrême sécheresse dans l'Afrique du Sud 112

Revues générales

ACHARD (D^r Ch.). — Revue de Pathologie générale . . . 556
HOULLEVIGUE (L.). — Revue d'Optique. 376
MAILHE (A.). — Revue de Chimie organique 115
— Revue de Chimie minérale 310
PUISEUX (P.). — Revue annuelle d'Astronomie (1915). . 442

III. — BIBLIOGRAPHIE

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES

Mathématiques

Compendio de Algebra de Abenbéder 567
ANDOYER (H.). — Nouvelles tables trigonométriques fondamentales. 448
DARBOUX (G.). — Leçons sur la Théorie générale des surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal. II. Les congruences et les équations linéaires aux dérivées partielles. Les lignes tracées sur les surfaces 190
LORIA (Gino). — Guide pour l'étude de l'histoire des Mathématiques 288
MILHAUD (G.) et POUGET (Ed.). — Cours de Géométrie analytique. II. Géométrie à trois dimensions . . . 63
RICHARDSON (R.-P.) et LANDIS (E. H.). — Fundamental conceptions of modern Mathematics. I. Variables and quantities, with a discussion of the general conception of functional relation 348
TEIXEIRA (H. Gomès). — Sur les problèmes célèbres de la Géométrie élémentaire non résolubles avec la règle et le compas 382

WHITTAKER (E. T.) et WASTON (G. N.). — A course of modern Analysis 725
ZORETTI (L.). — Exercices numériques et graphiques de Mathématiques sur les « Leçons de Mathématiques générales ». 416

Mécanique

BRUNTON (David W.) et DAVIS (J.-A.). — Safety and efficiency in mine tunnelling 157
FABRY (E.). — Problèmes de Mécanique rationnelle. . 490
LANCHESTER (F. W.). — Aircraft in warfare. The dawn of the fourth arm. 663
LECORNU (Léon). — Cours de Mécanique. 28
MAILLET (Ed.). — Cours de Mécanique 632
MONTESSUS (R. de). — Exercices et leçons de Mécanique analytique 126
PERRY (John). — Mécanique appliquée. II. Constructions déformables et machines en mouvement. . . 600
PHILLIPS (James D.) et ORTH (Herbert D.). — Mechanical drawing for colleges and universities. 157
SENNA (Nelson de). — La houille blanche dans l'Etat de Minas Geraes 222

Astronomie, Géodésie et Météorologie

Relatorio do Observatorio Campos Rodriguez em Lourenço Marques. Ano de 1914 63
BAUER (L. A.) et FLEMING (J. A.). — Land magnetic observations and reports on special researches . . 222
BIGOURDAN (G.). — Petit Atlas céleste. Introduction sur les constellations. 222
— Le climat de la France. 663
DAVIS (G. G.). — Servicio meteorológico Argentino. Historia y organizacion, con un resumen de los resultados 632
DUHEM (P.). — Le système du monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. T. II et III 94, 693
HALE (George Ellery). — Ten years work of a mountain Observatory. 28
HUBRECHT (J. B.). — The Solar rotation in June 1911, from spectrographic observations 256

2° SCIENCES PHYSIQUES

Physique

BLONDEL (A.). — Calcul des lignes aériennes au point de vue mécanique par des abaques 319
BURTON (E. F.). — The physical properties of colloidal solutions 532
COUSTET (Em.). — Traité de Photographie en noir et en couleurs 726
MONTORIOL (E.). — La Technique télégraphique en France depuis l'origine 416
NIKITIN (W. W.). — La méthode universelle de Fédoroff pour la détermination des constantes optiques des minéraux 600
PETIT (G.-E.) et BOUTHILLON (Léon). — T.S.F. La Télégraphie sans fil, la Téléphonie sans fil, applications diverses. 256
REY (Jean). — De la portée des projecteurs de lumière électrique. 63
THOMSON (James). — Collected papers in Physics and Engineering. 318

Chimie

BURRELL (G. A.), SEIBERT (F. M.), et OBERFELL (C. G.). — The condensation of Gasoline from natural Gas. 190
CARNEGIE (D.) et GLADWYN (S.). — L'Acier. Sa fabrication. Son prix de revient 725
CENTNERSZWER (M.). — Cours de manipulations de Chimie physique et d'Electrochimie 601
CHAMOT (Emile Monnin). — Elementary chemical Microscopy 63
COUSTET (Ern.). — Traité de photographie en noir et couleurs 726
GARDNER (W. M.). — The british coal tar industry : its origine, development and decline 29
GILLETT (H.-W.). — Brass furnace practice in the United States 288
HIBBARD (H. D.). — Manufacture and uses of alloy steels 490
LE BAS (G.). — The molecular volumes of liquid chemical compounds 256
LEMARCHANDS (M.). — La Chimie raisonnée. La Chimie n'est pas une science de mémoire. Comment on doit l'apprendre 633
LEWIS (W. C. Mc C.). — A system of physical Chemistry 664
MOLINA (Rodolfo). — Esplodenti e modo di fabbricarli. 126
SAUVEUR (A.). — Metallography and heat treatment of iron and steel 288
TIAN (Albert). — Transformations et équilibre chimiques de l'eau et des solutions de peroxyde d'hydrogène à la lumière ultra-violette. 696
VILLAVECHIA (Prof. Vittorio). — Trattato di Chimica analitica applicata. 567

3° SCIENCES NATURELLES

Géographie

Tasmania. Crown Lands Guide 158
Memorial volume of the Transcontinental. Excursion of 1912 of the American Geographical Society. . . . 190
Documents scientifiques de la Mission Tilho 348
Atlante della nostra guerra 448
Guide to technological Museum, Sydney (N. S. W.), Australia 490
GODEFROY (L'-C'l P.). — Programme des chemins de fer dans les Territoires du sud de l'Algérie . . . 633
HARDY (Georges). — Géographie de l'Afrique occidentale 382
LÉGUILLETTE (André). — Histoire de l'Afrique occidentale française 382

Géologie, Minéralogie et Paléontologie

BAKER (R. T.). — Building and ornamental stones of Australia 490
BEYSCHLAG (Prof. F.), VOGT (Prof. J. H. L.) et KRUSCH (Prof. P.). — Les dépôts des minéraux et roches utiles. Origine, formes et contenu. 664
DARTON (N. H.). — Guidebook of the Western United States. The Santa Fe route. 127
ISHIZU (R.). — The mineral springs of Japan. 726
LEE (W. T.), STONE (R. W.), GALE (H. S.). — Guidebook of the Western United States. The overland route . 126
LEWIS (J. Volney). — Determinative Mineralogy . . . 257
MATTHEW (W. D.). — Dinosaures 223
MILNER (H. B.) et PART (G. M.). — Méthodes de Pétrologie pratique. Notes sur la préparation et l'examen des coupes de roches 696
NIKITIN (W.). — La méthode universelle de Fedoroff pour la détermination des constantes optiques des minéraux 600

Botanique et Agronomie

La Suisse forestière 383
BAKER (R. T.). — Cabinet timbers of Australia. . . . 490
— The Australian flora in applied Arts. I. The Waratah 490
GIROLA (Carlos D.). — El cultivo del mate (*Ilex paraguariensis* St Hil.) 289
MASSART (Jean). — Recueil de l'Institut botanique Léo Errera 532
PAPAGEORGHIOU (Pel.). — Agricultural Greece. . . . 127
PERROT (Emile). — Les grands produits végétaux des colonies françaises. 158
— Culture industrielle du cacaoyer en Afrique : Guide pour le planteur. 349
RAYSS (T.). — Le *Coelastrum proboscideum*. Etude de Planctologie expérimentale 665
RUSSELL (E. J.). — Manuring for higher crop production 319

Zoologie, Anatomie et Physiologie

ASSHETON (R.). — Growth in length. Embryological essays 601
HORNADAY (W. T.). — Wild life conservation in theory and practice 29
KELLOGG (V. L.) et DOANE (R. W.) — Elementary Textbook of applied Zoology and Entomology. . . 417
LLOYD (R. E.). — What is Adaptation?. 64
MANHEIMER GOMMÈS (Dr). — L'alimentation rationnelle à très bon marché 159
MARTINET (Alfred Dr). — Eléments de Biométrie . . . 665
NUTTALL (G. H. F.), WARBURTON (Cecil), COOPER (W. F.), ROBINSON (L. E.). — Ticks. A monograph of the Ixodoidea. III. The genus *Haemaphysalis*. . . . 97
PITTARD (Eugène). — Les races belligérantes. Esquisses anthropologiques. I. Les Alliés 696
SCHÆFER (E. A.). — The endocrin organs. An introduction to the study of internal secretions 726

Terroine (Em. F.). — Données numériques de Biologie 64
Watson (J. B.) et Lashley (K. S.). — Homing and related activities of birds 97
Wood (T. B. et Hopkins (F. G.). — Food economy in war time. 64

4° SCIENCES MÉDICALES

Médecine et Chirurgie

Carles (Dr J.). — Les fièvres paratyphoïdes 634
Voronoff (Dr S.). — Traité des greffes humaines. Greffes osseuses et articulaires. 567

Hygiène et Thérapeutique

Bouquet (Henri). — La thérapeutique médicale et chirurgicale de guerre en 1916 491

5° SCIENCES DIVERSES

Asociacion española para el progreso de las Ciencias. Congreso de Valladolid. Discursos de apertura . . 257
Guia de Valladolid 257
Aulneau (J.). — La Turquie et la guerre 139
Cambon (Victor). — Notre avenir 543
Chervin (A.). — L'Autriche et la Hongrie de demain. . 728
Fidel (Camille). — L'Allemagne d'outre-mer. Grandeur et décadence 491
Hauser (Henri). — La guerre européenne et le problème colonial 159
— Les méthodes allemandes d'expansion économique . 568
Hessler (John C.). — The first year of Science. Laboratory exercises 191
Osler (Sir W.). — Science and war 223

IV. — ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

Académie des Sciences de Paris

Séances des 6 et 13 déc. 1915. 31
— 20 et 27 — — 56
— 3 janv. 1916. 65
— 10 et 17 — — 98
— 24 et 31 — — 128
— 7 et 14 févr. — 160
— 21 — — 161
— 28 — — 192
— 6 mars — 192
— 13 et 20 — — 224
— 27 — — 258
— 3 avr. — 258
— 10 — — 290
— 17 — — 320
— 25 — — 321
— 1er mai — 321
— 8 et 15 — — 350
— 22 et 29 — — 384
— 5 juin — 418
— 13 et 19 — — 449
— 26 — — 450
— 3 et 10 juil. — 492
— 17 — — 493
— 24 — — 534
— 31 — — 535
— 7 août — 535
— 14, 21, 28 — — 536
— 4 et 11 sept. — 569
— 18 — — 570
— 25 — — 602
— 2 oct. — 602
— 9 — — 635
— 16 — — 636
— 23 et 30 — — 666
— 6 et 13 nov. — 697
— 20 et 27 — — 729
— 4 déc. — 730

Académie de Médecine

Séances des 30 nov. 1915. 32
— 7 et 14 — — 32
— 21 — — 66
— 28 — — 99
— 4 et 11 janv. 1916. 99
— 18 et 25 — — 129
— 1er févr. — 129
— 8 — — 161
— 22 et 29 — — 193
— 7 et 14 mars — 225
— 21 — — 226
— 28 — — 259
— 4 avr. — 259
— 11 — — 291
— 18 et 25 — — 322
— 2 mai — 323
— 9 et 16 — — 351
— 23 et 30 — — 385
Séances des 6 et 13 juin 1916 419
— 20 — — 450
— 27 — — 451
— 4, 11, 18 juil. — 493
— 25 — — 537
— 1er, 8, 22 août — 537
— 29 — — 538
— 5, 12, 19 sept. — 570
— 26 — — 603
— 3 et 10 oct. — 603
— 17 — — 636
— 24 et 31 — — 667
— 7 et 14 nov. — 698
— 21 et 28 — — 730

Société de Biologie

Séances des 4 déc. 1915. 32
— 18 — — 66
— 8 janv. 1916. 99
— 22 — — 130
— 5 févr. — 162
— 19 — — 196
— 4 mars — 223
— 18 — — 260
— 1er avril — 291
— 15 — — 323
— 6 mai — 351
— 20 — — 386
— 3 juin — 420
— 17 — — 451
— 1er juil. — 493
— 22 — — 538
— 29 — — 539
— 21 oct. — 667-699
— 4 nov. — 699
— 18 — — 731

Société française de Physique

Séances des 3 déc. 1915. 33
— 17 — — 100
— 21 janv. 1916. 130
— 4 févr. — 162
— 18 — — 193
— 3 mars — 226
— 17 — — 291
— 7 avril — 324
— 5 mai — 352
— 19 — — 386
— 2 juin — 452
— 16 — — 494
— 17 nov. — 700
— 1er déc. — 731

Société chimique de France

Séances des 10 déc. 1915. 34
— 24 — — 100
— 14 janv. 1916. 131
Séances des 28 janv. 1916 163
— 11 févr. — 164
— 25 — — 194
— 10 mars — 227
— 14 avril — 324
— 12 et 26 mai — 387
— 9 juin — 420
— 23 — — 494
— 10 nov. — 700

Société Royale de Londres

Séances des 4 nov. 1915. 34
— 18 — — 67
— 25 — — 131
— 2 déc. — 132
— 27 janv. 1916. 194
— 3 et 10 févr. — 227
— 17 — — 291
— 24 — — 292
— 2 mars — 353
— 9, 16, 23 — — 388
— 30 — — 495
— 6 avril — 495
— 11 mai — 539
— 18 et 25 — — 571
— 1er et 8 juin — 571
— 22 et 29 — — 602
— 2 nov. — 732
— 9 — — 733

Société de Physique de Londres

Séances des 12 et 26 nov. 1915. 68
— 11 févr. — 195
— 10 mars — 260
— 24 — — 354
— 12 mai — 388
— 26 — — 496
— 16 juin — 572
— 30 — — 604
— 27 oct. — 668
— 10 nov. — 732

Société anglaise de Chimie industrielle

Communications diverses, 132, 164, 195, 228, 354, 452, 496, 636

Académie des Sciences d'Amsterdam

Séances des 30 sept. 1915. 35
— 30 oct. — 36-68
— 27 nov. — 196
— 18 déc. — 196
— 29 janv. 1916. 355
— 26 févr. — 356
— 25 mars — 540
— 28 avril — 572

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXVII DE LA REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES[1]

A

ACADÉMIE. — L'hommage de l'Académie des Sciences aux savants tombés au champ d'honneur **73**
— L'Académie d'Architecture et les premières machines à vapeur essayées en France (1726) . . . **306**
ACCUMULATEUR. — La théorie de l'accumulateur au plomb 328, 700
ACIDYLSEMICARBAZIDES. — Préparation d'acidylsemicarbazides à partir de semicarbazones d'acides α-cétoniques 569
ACIER. — Propriétés nouvelles des aciers trempés; applications aux mesures à bouts 386
— Fabrication et emplois des alliages d'acier . . . 490
— L'acier, sa fabrication, son prix de revient . . . 725
ADAPTATION. — What is Adaptation?. 64
AÉRONAUTIQUE. — L'Aéronautique en temps de guerre. L'aurore de la quatrième arme 663
AFFAIBLISSEMENT. — L'affaiblissement au persulfate d'ammoniaque 125
AFRIQUE. — Les effets d'une extrême sécheresse dans l'Afrique du Sud **112**
— Géographie de l'Afrique occidentale 382
— Histoire de l'Afrique occidentale française. . . 382
AGRANDISSEMENT. — La netteté des phototypes destinés à l'agrandissement 166
AGRICULTURE. — Les Etablissements agricoles de recherches scientifiques 704
ALCOOL. — La consommation des boissons alcooliques dans le monde **60**
— Les effets neuro-musculaires de doses modérées d'alcool 72
ALGÈBRE. — Compendio de Algebra de Abenbéder. . 567
ALGÉRIE. — Programme des chemins de fer dans les Territoires du sud de l'Algérie. 633
ALGUES. — La valeur des Algues marines comme matières premières pour l'industrie chimique . . 452
— La sexualité hétérogamique des Laminaires et la reproduction chez les Algues phéosporées. **613**, **688**
ALIMENTATION. — Les économies alimentaires en temps de guerre. 64
— L'alimentation rationnelle à très bon marché. . 159
ALLEMAGNE. — L'Allemagne d'outre-mer. Grandeur et décadence. 191
— Les méthodes allemandes d'expansion économique 568
— L'organisation scientifique du commerce allemand **656**
ALLIÉS. — Les races belligérantes. Esquisses anthropologiques. I. Les Alliés. 696
ALUMINIUM. — Action des acides organiques sur l'aluminium. 195
— Action de l'acide nitrique sur l'aluminium . . . 496
AMBRES. — Des ambres lacustres. 224
AMIBES. — Les mouvements des Amibes et le rôle de la tension superficielle 232
— Les kystes d'*Entamoeba dysenteriae* et la division simple 731
AMIDURE. — Synthèses au moyen de l'amidure de sodium 227
AMMONIAQUE. — Emploi à la guerre de l'ammoniaque et des sels ammoniacaux. **77**
AMMONITES. — Une famille d'Ammonites, les Desmocératidés; essai d'une classification rationnelle . 224
AMORTISSEMENT. — L'amortissement des oscillations du mercure 638
ANALYSE MATHÉMATIQUE. — A course of modern Analysis. 725
ANAPHYLAXIE. — Protection illusoire contre les rayons X chez les médecins déjà frappés. Anaphylaxie physique ou indirecte. 320
ANGINES. — Contribution à l'étude bactériologique et clinique des angines. Sérothérapie de la diphtérie. 385
ANIMAUX. — Théorie et pratique de la protection des animaux sauvages 29
ANTARCTIQUE. — L'expédition antarctique de Sir Ernest Shackleton 393
ANTHOCYANINES. — La constitution des anthocyanines. 199
— Observation sur le vivant de la formation cytologique de l'anthocyanine 635
ANTISEPTIQUES. — Du mode d'action de certains antiseptiques et des procédés destinés à apprécier leur valeur thérapeutique 323
— L'action antiseptique des substances du groupe de la chloramine. 353
— De l'emploi alternant des antiseptiques 729
APPRENTISSAGE. — L'apprentissage professionnel. . **139**
ARBRES. — Le remplacement des arbres détruits. . 263
ARC. — La consommation du carbone dans l'arc électrique. 35, 228
ARGENT. — Influence des impuretés gazeuses contenues dans l'argent, sur les valeurs obtenues pour son poids atomique. 542
ARROSAGE. — Sur les effets de l'arrosage capillaire continu. 697
ARTILLERIE. — L'artillerie lourde de campagne. 2e et 3e parties. **6**, **10**
ASSOCIATION. — Asociacion española para el progreso de las Ciencias. Congreso de Valladolid. . 257
ASTRONOMIE. — Revue annuelle d'Astronomie (1915). **112**
ATLANTIDE. — L'état actuel du problème de l'Atlantide. **125**, **159**
ATLAS. — Sur la structure du Moyen Atlas 192
— Petit Atlas céleste. 222
— Atlante della nostra guerra 448
ATMOSPHÈRE. — Variations électriques de l'atmosphère au lever et au coucher du Soleil 388
AUDITION. — Les mutilations de l'organe auditif par les détonations. 570
AURORES BORÉALES. — Résultats d'observations d'aurores boréales à l'Observatoire de Halde 666
AUSTRALIE. — Guide to Technological Museum, Sydney (N. S. W.), Australia. 490
— Building and ornamental stones of Australia. . 490
— Cabinet Timbers of Australia 490
— The Australian Flora in applied Art. I. The Waratah. 490
AUTOTOMIE. — Les réflexes de l'autotomie chez les Crustacés Décapodes 135
AUTRICHE. — L'Autriche et la Hongrie de demain . . 728
AVENIR. — Notre avenir. 533
AVIONS. — Les avions allemands modèle « Fokker ». 261
AZOTE. — Une modification active de l'azote. 570

B

BACILLES. — Sur la recherche des bacilles tuberculeux dans les crachats. 534
BACTÉRIES. — Nouvelles observations sur les Protozoaires et leurs rapports avec les Bactéries du sol. 604
— Recherches sur l'influence de la pression osmotique sur les bactéries. Cas du vibrion cholérique. 667

1. Les chiffres gras reportent aux articles originaux.

BALANCE. — Sur une balance densimétrique à lecture directe 449
BALISTIQUE. — Diagramme pour faciliter l'étude de la Balistique extérieure 34
BÉTON. — La cause de l'adhérence du béton au fer dans le béton armé. 327
BETTERAVE — La culture de la betterave sucrière dans le sud-ouest de la France 99
BIÈRES. — Recherches bactériologiques sur les bières des Flandres. 129
BIOLOGIE. — Données numériques de Biologie : Biochimie, Chimie Physique biologique, Physiologie, Microbiologie, Pharmacodynamie. 64
BIOMÉTRIE. — Eléments de Biométrie 665
BIOPHOTOGENÈSE. — La Biophotogenèse ou production de la lumière par les êtres vivants **511**
BLÉ. — Influence du chauffage des grains sur le développement du blé 296
BOIS. — Nouvelle méthode de détermination de la dureté des bois. 38
BOMBYX. — Sur la ponte des œufs non fécondés et sur la parthénogenèse du Bombyx du mûrier 160
BROME. — Sur la densité du gaz HBr. Contribution à la revision du poids atomique du brome . . . 534

C

CACAOYER. — Culture industrielle du cacaoyer en Afrique. Guide pour le planteur 349
CALIFORNIE. — L'Expédition suisse dans la Basse-Californie mexicaine 544
CANONNADES. — Sur l'audition des canonnades lointaines. Complexité de la question. 635
CANONS. — Canons sans poudre. 605
CAPILLARITÉ. — La théorie du tube capillaire. . . . 67
CAPUCINES. — La prétendue hétérotaxie des fleurs de Capucines 729
CARBONATE. — Les diverses formes du carbonate de cal ium. 609
CARBONE. — A propos de la fusion du carbone. . . . 262
— Sur le dosage du carbone par la méthode Eggertz. 350
— Préparation du carbone colloïdal. 359
CARENCE. — L'alimentation exclusive et la carence alimentaire 130, 226
CASQUE. — Rôle protecteur du casque métallique de guerre. 225
CATGUT. — La préparation du catgut. 103, 351
CÉCITÉ. — La cécité nocturne (héméralopie) chez les soldats. 259
CHALEUR. — Expression complète de la chaleur de dissolution réversible dans un liquide volatil. . . . 350
— Les chaleurs latentes de fusion des métaux et la théorie des quanta 388, 604
CHAMPIGNON. — Un champignon lumineux, le *Pleurotus japonicus*. 424
CHARBONS. — La constitution microscopique des charbons. 168
CHEMIN DE FER. — Le chemin de fer de Pétrograd à la côte mourmane 104
— Programme des chemins de fer dans les territoires du sud de l'Algérie 633
CHENILLES. — Recherches sur la résistance au froid des chenilles de *Cossus* et *Carpocapsa*. 539
CHIFFONNAGE. — Sur la suppression du chiffonnage à Paris. 322
CHIMIE. — Revue de Chimie organique. **115**
— Revue de Chimie minérale. **310**
— Les grandes industries chimiques organiques après la guerre **130**
— Trattato di Chimica analitica applicata 567
— Cours de manipulations de Chimie physique et d'Electrochimie. 601
— La Chimie raisonnée. La Chimie n'est pas une science de mémoire. Comment on doit l'apprendre 633
— Un système de Chimie physique. 664
CHINCHILLA. — Le commerce des fourrures de chinchilla et la disparition de cet animal 329
CHLORAMINE. — L'action antiseptique des substances du groupe de la chloramine. 353
CHLOROPHYLLE. — Fonctions de la chlorophylle, de la carotine et de la xanthophylle 357
— Expériences photochim. sur la chlorophylle pure. 732
CHOC. — Variation systématique de la valeur de la force vive dans le choc élastique des corps . . . 697
CHOLÉRA. — Pathogénie du choléra. Reproduction expérimentale de la maladie 697
CHRONAXIE. — Détermination de la chronaxie chez l'homme à l'aide des décharges de condensateurs. Chronaxie normale des nerfs et muscles du membre supérieur de l'homme 494
— Vitesses musculaires mesurées par la chronaxie dans les différentes cavités du cœur et les faisceaux de passage. 534
CLIMAT. — Le climat hivernal de la Méditerranée orientale 101
— Climat et évolution. 293
— Le climat de la France. 663
COAGULATION. — Recherches sur le phénomène de la coagulation. III. Nouvelles recherches sur le gel cholate. 227
— Estimation du temps de coagulation du sang *in vitro* par le procédé de la « bulle d'air ». . . 698
COBALT. — La galvanoplastie au cobalt 3
COELASTRUM. — Le *Coelastrum proboscideum* Bohl. . 665
COLLISIONS. — Méthode pour déterminer les distances en mer et pour éviter les collisions en cas de brouillard ou de temps sombre. 70, 195
COLLOÏDES. — Les propriétés physiques des solutions colloïdales. 532
COLONIES. — Les grands produits végétaux des Colonies françaises 158
— La guerre européenne et le problème colonial. . 159
— L'organisation scientifique de notre œuvre économique dans nos Colonies et dans la Métropole. . **250**
COMMERCE. — L'organisation scientifique du commerce allemand. **656**
CONDUCTIBILITÉ. — Conductibilité d'une mince couche d'air entre deux surfaces métalliques 65
CONJONCTIF (Tissu). — Les substances conjonctives sont des coagulums albuminoïdes du milieu intérieur. 668
CONSTELLATIONS. — Petit Atlas céleste. Introduction sur les constellations. 222
CONTACT. — Influence de l'élément temps sur la résistance d'un contact solide rectifiant 668
COPÉPODE. — Sur la structure d'un Copépode parasite et ses rapports avec son hôte. 31
CORAUX. — Le développement des récifs coralliens. **338**
CORROSION. — L'influence de la fréquence des courants alternatifs ou des courants à renversement moins fréquent sur la corrosion électrolytique. . 231
COUPS DE BÉLIER. — Sur les coups de bélier . . 535, 635
COURANT. — Répartition d'un courant électrique entre une colonne gazeuse et une dérivation métallique. 671
CRISTAUX. — La structure des molécules et la conductibilité électrique dans les cristaux liquides . . . 38
— Sur les observations de Haga et Jaeger relatives à certaines dyssymétries des radiogrammes cristallins 98
— L'orientation des liquides anisotropes sur les cristaux 636
CROISSANCE. — Formule individuelle de croissance physique pour les enfants des deux sexes 66
— La croissance du corps de l'homme. Relations entre le poids et la longueur du corps 131
— Croissance en longueur. Essais embryologiques 601
CROUTE. — La résistance de la croûte terrestre . . . 543
CRUSTACÉS. — Les réflexes de l'autotomie chez les Crustacés décapodes 135
CUIRASSÉS. — La propulsion électrique des cuirassés 1
CULTURES. — Cultures expérimentales au bord de la mer. 666
CYPHOCRANIA. — Etudes biologiques sur le *Cyphocrania gigas* Linné d'Amboine **706**

D

DÉCHARGES. — Quelques déterminations du signe de la grandeur des décharges électriques dans l'éclair 603
DÉLIMITATION. — Une nouvelle méthode pour la délimitation des organes internes chez le vivant. . . 578
DÉLINQUANTS. — L'enfance délinquante. Etude médico-légale 419
DENSITÉS. — Balance pour la détermination rapide des densités de corps liquides et solides 494
— Sur la détermination de la densité des corps solides 666
DÉSINFECTION. — Nouvelle forme d'emploi du formol pour la désinfection aux armées. 192
DESSIN. — Dessin mécanique pour Collèges et Universités. 157
DÉTECTEUR. — Sur le fonctionnement du détecteur électrolytique. 350
— Etude des détecteurs à cristaux utilisés en T. S. F. 499
— Loi de réponse des détecteurs au silicium . . . 639

Développement. — Développement au diamidophénol acide 424
Dévitrification. — Sur la dévitrification du cristal. 418
Dicétones. — Sur les dicétones-1: 4-acycliques. . . 131
Diélectriques. — Quelques expériences sur les propriétés des diélectriques 35
— Le flux de l'électricité à travers les diélectriques 67
Dinosaures. — Dinosaures 223
Distillation. — La distillation de la houille dans le vide. **579**
Dunes. — Les dunes continentales des landes de Gascogne 697
Dyciémides. — Une phase nouvelle des Dyciémides . 492
Dysenterie. — Recherches sur la dysenterie . 668, 730

E

Eau. — Détermination de la dureté des eaux naturelles, et emploi du rouge méthyle comme indicateur. 354
Eau oxygénée. — Catalyse de l'eau oxygénée en milieu hétérogène 320, 322, 350
Ecailles. — Les anneaux de croissance des écailles de harengs 496
— Les sillons d'accroissement inscrits sur les écailles des poissons périodiques. 731
Ecriture. — A propos de l'étude analytique du mécanisme de l'écriture. 704
Effet. — Constatation d'un troisième effet Volta et confirmation expérimentale de l'explication donnée 385
Effort. — Epreuve d'aptitude cardiaque à l'effort. . 570
Electrification. — L'électrification d'une ligne ferrée américaine. 608
Electrochimie. — Cours de manipulations de Chimie physique et d'Electrochimie 601
Electron. — Le mouvement brownien des particules électrisées dans les gaz et la charge de l'électron **581**
— Sur quelques propriétés des gouttelettes de mercure qui interviennent dans les mesures électroniques. 606
Electroscopes. — La capacité électrique des électroscopes à feuille d'or. 354
Electrovibreurs. — Electrovibreurs puissants marchant sur courant faible, continu ou alternatif . 492
Encéphalopsie. — De l'encéphalopsie chromatique . 385
Engrais. — Manuring for higher crop production. . 319
Enseignement. — Tableaux de cours pour l'enseignement supérieur. 5, 137
— Sur l'organisation de l'Enseignement supérieur technique dans les Universités. **169**
— A propos de l'enseignement technique et professionnel 201
— Du rôle des Universités dans l'Enseignement technique supérieur **362**
— Les nécessités de l'Enseignement technique supérieur **106**
Entomologie. — Elementary Textbook of economic Zoology and Entomology. 417
Eponges. — La présence de spicules gélatineux et leur mode d'origine chez un nouveau genre d'Eponges siliceuses 539
Equivalent. — Sur la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur par le procédé de Hirn. 536
Erosion. — L'érosion de la falaise crétacée française sur la Manche 160
Essais. — Les premiers essais scientifiques de Descartes **502**
Essence. — La raréfaction de l'essence de pétrole et son extraction du gaz naturel. 423
Etats-Unis. — Guidebook of the Western United States 127
— La population indienne, chinoise et japonaise aux Etats-Unis. 361
Etincelles. — Inflammation des mélanges explosifs par les étincelles électriques 198
Evolution. — Climat et évolution 263
Expansion. — Les méthodes allemandes d'expansion économique. 568
Explosifs. — Esplodenti e modo di fabbricarli. . . 126

F

Facultés. — Le projet de création de Facultés des Sciences appliquées 297
Fécondation. — Expériences nouvelles sur la membrane de fécondation chez les œufs d'Amphibiens 225
Fer. — L'effet des oscillations électriques sur les propriétés magnétiques du fer, étudié au moyen du campographe 68
— Préparation de fer et d'alliages fer-carbone purs 702
Fermentation. — Sur la destruction totale des pentoses au cours de la fermentation alcoolique . . 569
Feu grégeois. — Sur la composition et l'emploi du feu grégeois. 535
Fibre. — Une nouvelle fibre textile. 392
Fièvre typhoïde. — (Voir Typhoïde). . . . . .
Filtres. — Les filtres en pulpe de papier 392
Fixage. — Fixage avant développement 457
Fluides. — Une analogie physique entre le magnétisme et la théorie des fluides. 70
Fluor. — Le fluor dans le règne végétal 99
— Sur un nouveau mode de dosage du fluor . . . 384
Fluorescence. — Observations sur la fluorescence et la résonance de la vapeur de sodium 35
Force électromotrice. — Sur l'apparition d'une force électromotrice dans les métaux en mouvement accéléré 605
Force motrice. — L'utilisation de la chaleur volcanique pour la production de force motrice. . . . 670
Forêts. — Les forêts submergées de Belle-Ile-en-Mer 492
France. — Le climat de la France 663
Franges. — Les franges des miroirs de Jamin. I. Franges théoriques des miroirs parfaits en lumière homogène 33
Froid. — Le froid dû au rayonnement terrestre et ses rapports avec la végétation 454
Frottement. — Le frottement superficiel. Expériences avec l'eau et la vapeur dans des tuyaux. 227
Fusion. — A propos de la fusion du carbone 262

G

Galaxie. — Sur la construction de la galaxie. . . . 418
Galéruque. — Sur l'existence de deux générations annuelles chez la Galéruque de l'Orme et sur la manière dont elles se succèdent. 258
Galvanoplastie. — La galvanoplastie au cobalt . . 3
Gamogemmie. — Anomalies déterminées par la gamogemmie consécutive au traumatisme 636
Gasoline. — The condensation of Gasoline from natural Gas. 190
Gaz d'éclairage. — L'évaporation du naphtalène dans le gaz d'éclairage sec et humide. 496
— Les produits sulfurés dans le gaz d'éclairage. . 496
Géographie. — Memorial volume of the Transcontinental excursion of 1912 of the American Geographical Society of New-York. 190
Géométrie. — Cours de Géométrie analytique. . . . 63
— Sur les problèmes célèbres de la Géométrie élémentaire non résolubles avec la règle et le compas 382
Glaces. — La question des glaces dans les installations hydrauliques. **52**
Glycérines. — Glycérines symétriques, vrais homologues de la glycérine de Scheele. 163
Goitre. — Sur la production expérimentale du goitre congénital 539
Gonflement. — Le gonflement des tissus gélatineux. 354
Goudron. — Un nouveau procédé pour la distillation du goudron 499
Gouttelettes. — Sur quelques propriétés des gouttelettes de mercure qui interviennent dans les mesures électroniques 606
Graphiques. — Les graphiques de mélanges dans les industries chimiques. 164
Gravitation. — Influence de la température sur la constante newtonienne de la gravitation 132
Grèce. — Agricultural Greece. 127
Greffes. — Traité des greffes humaines. Greffes osseuses et articulaires. 567
Grêle. — La théorie de la grêle de Ch. Weyher. . 573
Grenouilles. — La croissance et le sexe des grenouilles parthénogénétiques 458

H

Halos. — La genèse des halos pléochroïques 604
Harengs. — Les anneaux de croissance des écailles de harengs. 496
Hérédité. — Sur une dissemblance régulière dans l'hérédité des différentes parties d'une plante . . . 227
Heure. — Sur un projet de modification de l'heure légale. 290
Horloger. — Huyghens horloger. **105**
Horlogerie. — L'avenir de l'horlogerie française. . **623**
Houille. — La distillation de la houille dans le vide. **579**
Houille blanche — La houille blanche dans l'Etat de Minas Geraes 222

HOULE. — Contribution à l'étude expérimentale de la houle. 492
HUITRES. — Sur le chambrage des huîtres. . . 66, 161
— Analyse bactériologique des huîtres vendues à Marseille 451
HYDRAULIQUE. — La question des glaces dans les installations hydrauliques **52**
HYDRES. — Phénomènes de réduction et d'activation chez les Hydres, à la suite de variations de la teneur de l'eau en oxygène 386
— Production expérimentale d'Hydres doubles. . . 420
HYDROGÈNE. — Les volumes relatifs de combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène 292
— Sur une modification active de l'hydrogène produite par les rayons α. 576
— Ionisation et dissociation de la molécule d'hydrogène. Formation de H^3 640
HYPOCHLORITES. — Sur la stabilité des hypochlorites en solutions très étendues. Conséquences au point de vue de leur emploi pour la stérilisation des eaux. 192

I

ICHTHYOSAURE. — Le crâne de l'Ichthyosaure, étudié en coupes sériées. 495
ILLUSION. — Une illusion horizontale-verticale de clarté 261
IMMOBILISATION. — Généralité du réflexe d'immobilisation chez les Arthropodes. 668
IMMUNITÉ. — Contribution à l'étude de l'immunité. . 290
IMPULSION. — Représentation complète des éléments d'un phénomène harmonique amorti. Application à la théorie des appareils commandés par voie d'impulsion 291
INDOCHINE. — L'Indochine actuelle **179**
INDUSTRIE. — Comment développer l'Industrie française après la guerre? **138**
— Les nouvelles méthodes de l'Industrie moderne. Remplacement de la main-d'œuvre humaine par le travail mécanique. **151**
— Les grandes industries chimiques organiques après la guerre. **430**
— Les modifications à apporter aux lois régissant la propriété industrielle en France. . . . **478**, 501
— Sur un moyen efficace d'établir la liaison entre la science et l'industrie. 545
INFLAMMATION. — Inflammation des mélanges explosifs par les étincelles électriques 198
— L'inflammation des gaz par les décharges électriques impulsives. 292
INSECTES. — La métabolie des Insectes. **370**
INSTITUT. — L'Institut mathématique des époux Mittag-Leffler. 293
— Recueil de l'Institut botanique Leo Errera. . . . 532
INSTITUTION. — L'Institution Carnegie de Washington. **18**
IODE. — Action de la lumière sur l'iode en milieu aqueux 536
— Sur l'iode colloïdal 698
IODO-RÉACTION. — L'iodo-réaction ; sur une nouvelle réaction urinaire pour le pronostic de la tuberculose pulmonaire et le diagnostic de la typhoïde . 537
IONS. — Méthode pour montrer la vitesse des ions iode en solution. 354
IXODOIDÉES. — Ticks. A monograph of the Ixodoidea. 97

J

JAPON. — Les sources minérales du Japon. 726
JAVELLISATION. — Sur une installation permettant la javellisation de la totalité de l'eau de la conduite municipale de la ville de Thann 129
JOINT. — Sur un nouveau système de transmission par joint à billes. 698

L

LABORATOIRES. — Le rôle des Laboratoires publics d'essais. **310**
— Les Laboratoires nationaux de recherche scientifique. **675**
LAINE. — Recherches sur la structure de la laine. . 456
LAITON. — Brass-furnace practice in the United States. 288
LAMINAIRES. — La sexualité hétérogamique des Laminaires et la reproduction chez les Algues phéosporées **613**, **688**
LAMPE. — Les progrès de la lampe électrique à incandescence **88**
— Sur une lampe à arc de dimensions réduites et de grande puissance 102
— Lampe à arc à vapeur de cadmium 202
LARYNX. — Le larynx des chanteurs. 700
LICHENS. — Les phénomènes de la sexualité chez les Lichens du genre *Solorina* 385
LIGNES. — Calcul des lignes aériennes au point de vue mécanique par des abaques. 319
LIGNES DE RIVAGE. — Les anciennes lignes de rivage du bassin de la Somme et leur concordance avec celles de la Méditerranée occidentale 430
LOCOMOTIVE. — Locomotive à attelage magnétique. . 2
LONGITUDE. — Détermination de la différence de longitude entre les Observatoires de Paris et de Washington 449
LUMIÈRE. — Équivalence mécanique de la lumière d'une lampe à incandescence. 128
— Les pouvoirs de réflexion pour la lumière des peintures blanche et colorées. 198
— La Biophotogenèse ou production de la lumière par les êtres vivants. **511**
— La Photographie aux lumières artificielles . . . **516**
— Méthode pour mesurer la pression de la lumière au moyen d'une mince feuille métallique. 572
LUNE. — La libration physique de la Lune. 645

M

MACHINES A VAPEUR. — L'Académie d'Architecture et les premières machines à vapeur essayées en France (1726) **306**
MAGNÉSIUM. — Relations qui existent entre la présence du magnésium dans les feuilles et la fonction d'assimilation 324
MAGNÉTISME. — Une analogie physique entre le magnétisme et la théorie des fluides 70
— Le rayonnement solaire et le magnétisme terrestre. 101
— Land magnetic observations 222
— Effets possibles du magnétisme planétaire. . . 573
— Application de l'effet de Kerr à la détermination des valeurs de saturation pour le magnétisme des métaux, composés et alliages ferromagnétiques. 668
MAGNÉTOMÈTRE. — Un magnétomètre sensible 604
MAIN. — Une main magnétique. 295
MAIN-D'ŒUVRE. — Les nouvelles méthodes de l'Industrie moderne. Remplacement de la main-d'œuvre humaine par le travail mécanique. **151**
— La question de la main-d'œuvre au lendemain de la guerre **277**
MARINE. — Comment développer notre marine marchande après la guerre **525**
MARS. — L'atmosphère de Mars 453
MATÉ. — El cultivo del mate (*Ilex paraguariensis* St-Hil.) 289
MATHÉMATIQUES. — Guide pour l'étude de l'histoire des Mathématiques. 288
— Fundamental conceptions of modern Mathematics I. Variables and Quantities, with a discussion of the general conception of functional relation . . 348
— Exercices numériques et graphiques de Mathématiques sur les « Leçons de Mathématiques générales ». 416
MATIÈRES COLORANTES. — The British Coal Tar Industry, its origin, development and decline. . . . 29
— Sur les matières colorantes dérivées de l'acide aminophénylarsinique. 494
— Sur quelques matières colorantes dérivées des aminodiéthylbenzylamines 495
MATIÈRE VIVANTE. — L'analyse de la matière vivante par ses réactions aux poisons. **620**
MÉCANIQUE. — Cours de Mécanique. 28
— Exercices et leçons de Mécanique analytique. . . 126
— Problèmes de Mécanique rationnelle. 490
— L'œuvre mécanique de Leonardo Torres y Quevedo. **546**
— Mécanique appliquée. II. Constructions déformables et machines en mouvement 600
— Cours de Mécanique. 632
MÉDITERRANÉE. — Le climat hivernal de la Méditerranée orientale 101
MEMBRANES. — La structure microscopique des membranes semi-perméables et le rôle joué par les forces superficielles dans l'osmose 195
MER BLANCHE. — La navigation dans la mer Blanche. 330
MERCURE. — L'amortissement des oscillations du mercure 638
MESURES A BOUTS. — Propriétés nouvelles des aciers trempés ; applications aux mesures à bouts. . . . 386

Métallographie. — La métallographie et le traitement thermique du fer et de l'acier. 288
Métaux. — Le pouvoir inducteur spécifique des métaux 454
— Sur l'apparition d'une force électromotrice dans les métaux en mouvement accéléré 605
Météorites. — Spectres photographiques des météorites 731
Météorologie. — Servicio meteorologico Argentino. 632
Microscopie. — Elementary chemical Microscopy. . 63
Mimosa. — Recherches physiologiques avec des préparations de pétiole et de pulvinus de *Mimosa pudica* 292
Minéralogie. — Determinative Mineralogy, with tables 257
Minéraux. — La méthode universelle de Fedoroff. Description systématique de la marche des opérations à effectuer pour la détermination des constantes optiques des minéraux. 600
— Les dépôts des minéraux et roches utiles. . . . 664
Miroirs. — Protection électrolytique des miroirs argentés. 360
Mission. — Documents scientifiques de la Mission Tilho 348
Mitrailleuses. — Les mitrailleuses individuelles. . 230
Molécule. — Une hypothèse de configuration moléculaire dans les trois dimensions de l'espace . . . 495
Momification. — La distribution géographique de la pratique de la momification et sa signification. . . 39
Monde. — Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, t. II et III. 94, 693
Mont-Saint-Michel. — Les récifs d'Hermelles et l'assèchement de la baie du Mont-Saint-Michel. . . 729
Mouche. — Gamétogenèse et détermination du sexe chez la mouche des galles, *Neuroterus lenticularis*. 292
— Pour chasser les mouches de nos habitations. . 535
— L'hibernation des mouches, leur distribution saisonnière et leurs générations successives 673
Moustiques. — Sur la nécessité de donner aux autorités sanitaires, en France, le droit de rechercher et de détruire les larves de moustiques 570
— Destruction des moustiques par les poissons . . 635
Mouvements. — L'étude des mouvements par la méthode chronocyclographique **173**
— Le mouvement brownien des particules électrisées dans les gaz et la charge de l'électron. . . . **584**
Muscles. — La relation des muscles coupés avec les acides, sels et bases. 495
— Classification des muscles du membre supérieur de l'homme suivant leur systématisation radiculaire par le rapport des quantités donnant le seuil avec les deux ondes isolées du courant induit (indice de vitesse d'excitabilité) 666
Muséums. — L'avenir des Muséums de province . . . 500
Mutilés. — L'utilisation des mutilés de la guerre. . 233

N

Natalité. — De la variation mensuelle de la natalité. 535, 536
Navire. — Les principes généraux de la construction du navire. La résistance des coques et l'agencement général de la charpente. **271**
Nébuleuses. — La nature des nébuleuses spirales. . 229
Nébulosité. — Distribution mensuelle de la nébulosité moyenne en France. 321
Névroglie. — Aptitudes néoplasiques de la névroglie périphérique greffée et non réinnervée 731
Nid. — Le retour au nid et les activités connexes des oiseaux 97

O

Observatoire. — Dix ans de travail dans un Observatoire de montagne 28
— Relatorio do Observatorio Campos Rodriguez em Lourenço Marques. Ano de 1914. 63
Œil. — Un œil téléphonique pour aveugles. 3
— Action des rayons ultra-violets sur les milieux réfractifs de l'œil. 168
Œuf. — Effets de la force centrifuge sur la polarité de l'œuf de *Crepidula* 232
— La durée de conservation des œufs cuits durs. . 674
— Protection mécanique et conservation des œufs. 730
Oiseaux. — Le retour au nid et les activités connexes des oiseaux. 97
Ondes. — L'entraînement des ondes lumineuses et les phénomènes solaires 569
— La transmission des ondes électriques autour de la surface terrestre. 571
Optique. — L'industrie française des instruments d'optique et ses perspectives d'avenir. 1° Verrerie d'optique, Optique de précision **298**
— 2° Optique industrielle et photographique. . . . **331**
— Revue d'Optique **376**
— Le projet de création d'un Institut d'Optique en France. 671
Orbites. — L'origine des rotations et révolutions de sens direct ou rétrograde ainsi que des orbites cométaires 602
Organisation — L'organisation scientifique de notre œuvre économique dans nos colonies et dans la métropole **250**
Ostrea edulis. — Observations sur la larve de l'*Ostrea edulis* L. 569
Oxydes. — La réduction des oxydes métalliques par l'hydrogène aux hautes pressions 195
— Sensibilité de l'oxyde cuivreux pour la lumière . 294
Oxygène. — Les volumes relatifs de combinaison de l'oxygène et de l'hydrogène. 292

P

Pacifique. — Recherche d'îles douteuses dans le sud du Pacifique par le navire *Carnegie* 297
Paludisme. — Reviviscence d'un ancien foyer de paludisme autochtone dans la vallée de la Seille. . . 537
— Reviviscence, en 1916, d'un foyer endémique de paludisme en Beauce 699
Papier. — Papier bromoïl 672
Parallaxes. — Méthode spectroscopique pour la détermination des parallaxes stellaires 670
Pathologie. — Revue de Pathologie générale. . . **556**
Peintures. — Les pouvoirs de réflexion pour la lumière des peintures blanche et colorées. 198
Pennatulidés. — Evolution et symétrie dans l'ordre des Pennatulides 603
Peroxyde. — Transformations et équilibre chimiques de l'eau et des solutions de peroxyde d'hydrogène à la lumière ultra-violette. 696
Perturbations. — Observations sur des perturbations électromagnétiques terrestres. 422
Pesanteur. — Appareil pour déterminer la pesanteur en mer 388
Peste. — Sur l'épidémie de peste qui a sévi à Dakar et au Sénégal d'avril 1914 à février 1915. 537
Pétrologie. — Méthodes de Pétrologie pratique. Notes sur la préparation et l'examen des coupes de roches. 696
Pharmacie. — L'industrie des spécialités pharmaceutiques. Les marques et produits à nom déposé. . **209**
Philippines. — La préparation indigène du sel marin aux Iles Philippines. 231
Phosphore. — Le phosphore contenu dans les matières protéiques animales, après leur déminéralisation 34
Phosphorescence. — La phosphorescence et la phototropie des systèmes inorganiques. **679**
Phosphoroscope. — Description d'un synchronophosphoroscope. 541
Photographie. — Photographie des couleurs sur papier. 199
— La Photographie aux lumières artificielles . . . **516**
— Traité général de Photographie 726
Photométrie. — Les récents progrès des méthodes photométriques. **167**
Phototégie. — La Phototégie. 102
Phototropie. — La phosphorescence et la phototropie des systèmes inorganiques. **679**
Phyllium. — Etudes biologiques sur le *Phyllium bioculatum* Gray. = Scythe (Gray) de Ceylan. . . . **550**
Physique. — Collected papers in Physics and Engineering 318
Pierres. — Les pierres tombées du ciel et l'évolution du système solaire. **610**
Piles. — Les piles sèches 672
Plaies. — Recherches biologiques sur les plaies de guerre. 128, 729
Plantes. — Action rapide des solutions salines sur les plantes vivantes : déplacement réversible d'une partie des substances basiques contenues dans la plante 290
Platine. — Méthode rapide pour convertir les déchets de platine en acide chloroplatinique. 132
— La production, la consommation et le commerce du platine. 641
Poisons. — L'analyse de la matière vivante par ses réactions aux poisons. **620**
Poissons. — La signification biologique de l'argenture des poissons. 20

POISSONS — La disparition et la réapparition d'un poisson de mer profonde, le *Lopholatilus chamaeleonticeps* 264
— La biologie migratrice des Poissons du genre *Mugil* dans l'étang de Thau. 420
— Observations anatomiques et biologiques sur quelques Poissons des très grandes profondeurs marines. 494
— Sur le plan d'équilibre ou de moindre effort des Poissons Téléostéens à vessie natatoire 697
POLYSPERMIE. — Le rôle des sels de sodium et de potassium dans la polyspermie chez les Batraciens 320
POMPE. — Pompe à vide à vapeur de mercure . . . 575
PORCELAINE. — La constitution et la microstructure de la porcelaine. 703
PORTS. — Comment développer nos ports maritimes après la guerre?. **591**
POUVOIR INDUCTEUR. — Le pouvoir inducteur spécifique des métaux. 454
PRESSE. — Comité d'initiative de la Presse médicale et scientifique pour l'expansion économique de la France et des pays alliés. 203
PRESSIONS ARTÉRIELLES. — Observations sur les pressions artérielles basses et leur traitement 667
PRESSIONS OSMOTIQUES. — Nouvelles déterminations de pressions osmotiques directes. 572
PROJECTEURS. — De la portée des projecteurs de lumière électrique. 63
PROJECTILES. — Sur un appareil d'induction pour la recherche des projectiles. 31, 100
— Les projectiles à explosifs. **213**
— Extraction magnétique des projectiles intracérébraux. 259
— Sur le principe de Doppler et le sifflement des projectiles. 570
PROPRIÉTÉ. — Les modifications à apporter aux lois régissant la propriété industrielle **178**, 501
PROTECTION. — La protection magnétique de grands espaces et sa mesure expérimentale 571
PROTOZOAIRES. — Nouvelles observations sur les Protozoaires et leurs rapports avec les Bactéries du sol. 604
PSORIASIS. — Les rapports du psoriasis avec la tuberculose. 698
PUS. — Action des antiseptiques sur le pus. . . 66, 193
PYOCULTURE. — De la pyoculture. 129

R

RADIO-ACTIVITÉ. — La volatilisation des dépôts radio-actifs extrêmement minces 35
— Les constantes de la radio-activité 357
RADIO-CONDUCTEURS. — Essai d'interprétation de la conductibilité intermittente des radio-conducteurs 130
RADIOGRAPHIE. — La radiographie rapide **651**
RADIOSTÉRÉOMÈTRE. — Le radiostéréomètre Tauleigne-Mazo. 607
RADIOTHÉRAPIE. — La radiothérapie des néoplasmes intra-abdominaux d'origine testiculaire 537
RAYONNEMENT. — Le problème de l'origine chimique du rayonnement solaire. **265**
— Rendement lumineux et loi du rayonnement intégral des métaux à haute température. 324
— Sur le rayonnement nocturne 729
RAYONS. — Relation entre le parcours et le pouvoir ionisant des rayons α émis par les corps radio-actifs 37
— Sur la catoptrique des rayons X. 65
— Action des rayons ultra-violets sur les milieux réfractifs de l'œil 168
— Influence de l'aimantation sur l'opacité du fer pour les rayons X. 391
— Expériences nouvelles sur la réfraction des rayons X 423
— Sur la bande d'absorption K des éléments pour les rayons X, suivie du brome au bismuth, et l'émission d'un tube Coolidge vers les très courtes longueurs d'onde. 534
— Sur les rayons X et la théorie de la radiation. . 571
— Sur une modification active de l'hydrogène produite par les rayons α 576
— Sur un système de bandes d'absorption correspondant aux rayons L des spectres de rayons X des éléments, et sur l'importance des phénomènes d'absorption sélective en radiographie 635
— Sur des radiations extrêmement pénétrantes appartenant à la série K du tungstène et sur les spectres de rayons X des métaux lourds. 320
RECHERCHE. — Les idées du professeur Fleming sur l'organisation de la recherche scientifique **110**
RECHERCHE. — Les Laboratoires nationaux de recherche scientifique. **675**
— Les Etablissements agricoles de recherches scientifiques 704
RÉCIFS. — Le développement des récifs coralliens . . **338**
RECUL. — Sur la charge du recul radio-actif 31
RÉÉDUCATION AUDITIVE. — Douze mois de rééducation auditive dans l'armée. 667
RÉGÉNÉRATION. — La vitesse de régénération des organes ayant subi des sections répétées 642
RELAIS. — Relais photo-électrique 166
RENDEMENT LUMINEUX. — L'augmentation du rendement lumineux des solides incandescents par la réduction de l'émission dans l'infra-rouge 37
REPTILES. — La classification des Reptiles 539
RÉSISTANCE. — Description d'un système fonctionnant comme une résistance électrique négative. 166
RÉSONNATEUR. — La théorie du résonnateur d'Helmholtz 227
REVUE. — Revue de Chimie organique **115**
— Revue de Chimie minérale **310**
— Revue d'Optique **376**
— Revue annuelle d'Astronomie (1915) **112**
— Revue de Pathologie générale **556**
RHUM. — Contribution à l'étude des ferments du rhum 321
ROCHES. — Communications diverses sur les roches éruptives et volcaniques. 535, 536, 569
— The deposits of useful Minerals and Rocks . . . 664

S

SAHARA. — L'exploration du Sahara occidental. . . . 3
SATURNE. — Photographies monochromatiques de Jupiter et de Saturne 197
SAUMONS. — Sur de nouvelles recherches concernant la migration de montée des saumons. 31
SAUTERELLES. — Les résultats d'une campagne de destruction des sauterelles par la méthode biologique en Algérie. 360
SCARLATINE. — Sur la prophylaxie de la scarlatine. 32
SCIENCE. — La première année de Science. Exercices de laboratoire de la première année de Science . 191
— Science and war 223
— Science germanique et science latine. **235**
— Sur un moyen efficace d'établir la liaison entre la science et l'industrie. 545
SÉCHERESSE. — Les effets d'une extrême sécheresse dans l'Afrique du Sud. **112**
SÉCRÉTION. — The endocrine organs. An introduction to the study of internal secretion. 726
SÉDIMENTATION. — L'exploitation des zones de sédimentation. **713**
SEL. — La préparation indigène du sel marin aux Iles Philippines 231
SÉLÉNIUM. — Influence de la lumière sur la conductibilité thermique du sélénium 2
— Recherches de petites quantités de sélénium et distinction de l'arsenic 602
SEMICARBAZONES. — Semicarbazones d'acides α-cétoniques. 635, 666
SÉRICICULTURE. — La sériciculture en France 577
SÉRUM. — Sur les accidents consécutifs aux réinjections de sérum et les injections préventives de sérum antidiphtérique. 322
— Sur la durée de l'immunité conférée par les injections préventives de sérum antitétanique 385
— Le spectre d'absorption ultra-violet du sérum sanguin. 494
SILENCE. — La propagation du son dans l'atmosphère et les zones de silence. **241**
SIRÈNE. — Sirène harmonique à corde 162
SISMICITÉ. — L'activité sismique en Espagne pendant les années 1909 à 1914. 230
SOCIÉTÉ. — Les médailles de la Société royale de Londres 669
SOLEIL. — La rotation solaire en juin 1911, déduite d'observations spectrographiques effectuées avec les instruments solaires Mc Clean. 256
— Les variations de la latitude héliographique moyenne des taches solaires 258
— Le problème de l'origine chimique du rayonnement solaire. **265**
SOLIDES. — La chimie des solides amorphes. 164
SON. — La propagation du son dans l'atmosphère et les zones de silence **241**, 536
— Recherches sur la transmission, la réflexion et l'absorption du son. 359
— Sur la propagation du son à grande distance dans l'atmosphère libre. 449, 534

Son. — Influence du vent sur les conditions d'audition du son 569
— (Voir aussi Canonnade).
Soufre. — Sur une modification cristalline du soufre se présentant en sphérolites à enroulement hélicoïdal. 290
Souris. — Les races physiologiques de *Mus musculus L.* et l'uniformité des hybrides de première génération. 323
Sous-marin. — Le nautile sous-marin des frères Coessin. **25**
Spectre. — Sur le spectre à une seule ligne du magnésium et d'autres métaux et leurs potentiels ionisants 195
— La structure des lignes du spectre élargies. . . 227
— Le spectre de flamme oxyhydrique du fer 228
— Sur l'existence d'un nouveau groupe de lignes (série M) dans les spectres de haute fréquence. . 384
— La distribution de l'intensité dans les lignes spectrales élargies 388
— La structure des spectres. Les spectres de lignes **395**
— Sur la répartition de l'énergie dans le spectre émis par les anticathodes usuelles employées en radiographie. 452
— Phénomènes en relation avec les spectres de l'hydrogène et de l'hélium. 604
— Sur la régularité dans la distribution des satellites des lignes spectrales. 732
Stations centrales. — Le développement et les caractéristiques des stations centrales américaines. 328
Stéréoscopie. — Stéréoscopie pseudoscopique . . . 193
Stimulation. — La nature de la stimulation mécanique 296
Suisse. — La Suisse forestière. 383
Surdi-mutités. — Les surdi-mutités consécutives à des blessures de guerre 352
Surdités. — Le pronostic des surdités de guerre. . 66
— Surdités vraies et simulées consécutives à des blessures de guerre 226
Surfaces. — Leçons sur la Théorie générale des surfaces et les Applications géométriques du Calcul infinitésimal 190
Syllidien. — Viviparité et parthénogenese chez les Annélides polychètes ; un nouveau Syllidien vivipare. 698
Synchronisme. — Indicateur de synchronisme . . . 639
Syphilis. — La syphilis avant la guerre ; méconnaissance de son extrême fréquence 322
— Du traitement rationnel de la syphilis 322
— Lutte contre les maladies vénériennes et la syphilis. 419
Système solaire. — Les pierres tombées du ciel et l'évolution du système solaire **610**

T

Tableaux. — Tableaux de cours pour l'enseignement supérieur 5, 137
Tables. — Nouvelles Tables trigonométriques fondamentales. 448
Taches. — De l'influence de la Terre et de Vénus sur la fréquence et la latitude héliographique moyenne des taches solaires 320, 535
Tannage. — Le Tannage rapide et ultra-rapide. . . **720**
Tarentaise. — Sur les brèches (conglomérats) de Tarentaise 698
Tasmanie. — Tasmania, Crown Lands Guide. 158
Télégraphie. — La télégraphie sans fil, la téléphonie sans fil, applications diverses. 256
— La technique télégraphique en France depuis l'origine 416
— Augmentation du rendement des lignes télégraphiques par l'accord acoustique 498
— Etude des détecteurs à cristaux utilisés en T. S. F. 499
Téléphonie. — La télégraphie sans fil, la téléphonie sans fil, applications diverses. 256
Terres. — La mise en valeur des terres éventées en France. **172**
Tétanos. — Communications diverses sur le tétanos. 128, 351, 570, 635, 667
Thérapeutique. — La Thérapeutique médicale et chirurgicale en 1916 491
Thermomètres. — Contrôle des thermomètres médicaux. 537
Thermométrie. — Pierre Chappuis et le développement moderne de la Thermométrie. **201**
Thon. — Sur la migration et la pêche du thon (*Orcynus thynnus*) sur nos côtes méditerranéennes. . 492
Tiques. — Ticks. A monograph of the Ixodoidea . . 97
Tonkin. — Sur l'existence d'un ridement d'âge paléozoïque entre le Yunnan et le Tonkin 192
Tortue. — Le développement de la tortue de mer . 329
Tourbe. — La tourbe bactérisée et ses rapports avec la nutrition des plantes 636
Traction. — La traction électrique par courant continu à haute tension. 702
Transfusion. — Un procédé nouveau de transfusion du sang 603
Tremblement de terre. — Sur la localisation de l'épicentre d'un tremblement de terre d'après les observations d'une seule station sismique . 418, 449
Trieur. — Trieur par synchronisation à corde vibrante 163
Truite. — Sur la migration de ponte de la Truite des lacs 697
Tube. — Détermination des constantes pratiques du tube de Coolidge 602, 731
Tuberculose. — Le Dr Lucien Jacquet et la tuberculose du personnel des débits de vin dans le milieu parisien 418
— Les rapports du psoriasis avec la tuberculose. . 698
Tunnels. — Sécurité et économie dans la construction des tunnels de mines. 157
Turquie. — La Turquie et la guerre. 159
Typhoïde. — Communications sur la fièvre typhoïde et paratyphoïde. 32, 33, 162, 351, 385, 450, 451, 493 634
Typhus. — Essai de vaccination préventive dans le typhus exanthématique 492
— Sur les résultats de la sérothérapie dans le traitement du typhus exanthématique. 537

U

Unités. — Un projet d'unités électroniques (U.). . . 124
Universités. — Du rôle des Universités dans l'Enseignement technique supérieur. **362**

V-W

Vaccin. — Préparation, propriétés et avantages d'un vaccin homogène. 569
— De l'immunité vaccinale consécutive aux injections intravasculaires de vaccin. 602
— Variolisation des génisses immunisées contre la vaccine. 602, 730
— De l'influence du temps, de la quantité et de l'activité du vaccin sur la production de l'immunité. 636
Valladolid. — Guia de Valladolid 257
Vanille. — Les variétés de vanille. 666
Végétation. — Le froid dû au rayonnement terrestre et ses rapports avec la végétation 454
Venin. — L'action du venin de cobra 291
Verres. — Sur l'attaque des verres de France, de Bohême et d'Allemagne. 635
Verticale. — Sur les déviations de la verticale à Paris. 418
Vibrations. — L'analyse graphique des vibrations des bâtiments 69
Vie. — Y a-t-il un coefficient de température de la durée de la vie ? 544
Virage. — Virage photographique au sulfure de cobalt. 72
Viscosité. — La viscosité des solutions colloïdales. . 496
— La viscosité des suspensions de particules rigides à différents degrés de cisaillement. 572
— La mesure de la viscosité absolue des milieux très visqueux. 702
Vision. — Le seuil de la vision pour les diverses couleurs 137
— Une théorie de la vision colorée. 571
Volcan. — Un volcan actif aux Etats-Unis, le Lassen Peak 457
— L'utilisation de la chaleur volcanique pour la production de force motrice. 670
Volumes. — Les volumes moléculaires des combinaisons chimiques liquides 256
Vue. — L'influence des livres d'école sur la vue . . . 201
Wight. — Sur la présence de formes d'érosion éolienne à l'île de Wight. 697

Z

Zones de silence. — Sur les coups de canon et les zones de silence. **211**, 536
Zoologie. — Elementary Textbook of economic Zoology and Entomology 417

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS[1]

A

Achard (Ch.), 260, 539, **556** à **566**.
Agasse-Lafont, 129.
Alexina (L.), 451.
Allen (S. H.), 388, 604.
Amar (J.), 224, 385, 602, 636.
Andoyer (H.), 448.
André (G.), 34, 99, 290, 324.
André-Thomas, 130, 699.
Angot (A.), 98.
Anthony (R.), 166, 320, 601, 665.
Appell (P.), 65.
Arago (F.), 492.
Arctowski (H.), 258, 320, 535, 729.
Ariès (E.), 697.
Arsonval (A. d'), 65.
Assheton (R.) 601.
Astruc (A.), 129, 224, 321.
Aten (A. H. W.), 355, 356.
Athias (M.), 451.
Aubry (A.), 320, 352, 493.
Aulneau (J.), 159.
Azalbert (A.), 698.

B

Baccelli (G.), 128.
Bach (A.), 192.
Backlund (O.), 697.
Backman (E. L.), 351, 386.
Baco (F.), 730.
Bacri (Dr), 667.
Baeckeroot (B.), 352.
Baillaud (B.), 160, 449.
Baillehache (J. de), **110** à **115**.
Baker (R. T.), 490.
Ballet (Gilbert), 226.
Balth van der Pol Jr., 355.
Barat (L.), 129.
Barbarin, 538.
Barbary (F.), 603.
Bardet (G.), **209** à **213**.
Barker (S. G.), 668.
Barkla (C. G.), 571.
Barratt (T.), 354.
Barrelet (A.), 262.
Barthelat (G.), 635.
Bassuet (M.), 99.
Bataillon (E.), 225, 259, 320, 492.
Bateson (W.), 227.
Battez (G.), 129.
Baudouin (M.), 259, 667.
Bauer (L. A.), 222.
Baumel (J.), 729.
Bazgan (Gr.), 420.
Bazy (P.), 99, 128.
Beaussenat (M.), 291.
Beauverie (J.), 130, 493, 667.
Beck (R. Ph.), 196.
Béclère, 537, 730.
Bellet (Dr), 419.
Bellet (Daniel), **277** à **287**.
Belot (Emile), 321, 602, 698.
Bemmelen (J. F. van), 355.
Benedicks (C.) 161, 450.
Bérard (L.), 161, 351, 385.
Bergeron (A.), 193.
Bergonié (J.), 320, 350, 492, 535.
Bertrand (Elie), **139** à **151**.
Bethenod, 192.
Beyerinck (M. W.), 356.
Beyschlag (Prof. F.), 664.
Bialobjeski (T.), 384.
Bierry (H.), 291, 534.
Bigourdan (G.), 65, 222, 258, 321, 384, 449, 534, 602, 663, 702.
Binet (Léon), 634.
Biot (R.), 420.
Blaise (E. E.), 131.
Blaizot (L.), 259, 537.
Blanc (G.), 162.
Blanchard (R.), 32, 290, 385.
Blanchetière (A.), 536.
Blechmann (G.), 603.
Bloch (Eug.), 532, 664.
Blondel (A.), 258, 319, 418.
Blondel (Georges), **656** à **662**.
Boccardi (J.), **235** à **241**.
Boeke (J.), 356.
Boer (S. de), 196, 540.
Boeseken (J.), 540.
Bogitch (F.), 350, 666.
Bohn (G.), 162, 386, 420.
Boigey (M.), 493.
Bois (D.), 666.
Bois (H. E. J. G. du), 36, 356.
Boll (M.), 602 731.
Bordage (Ed.), 64.
Bordas (F.), 99, 419.
Bordier (H.), 536, 570, 698.
Borissiak (A.), 259.
Bose (J. C.), 292.
Bosler (Jean), 28, 256, **610** à **620**.
Botke (J.), 540.
Bottomley (W. B.), 636.
Bouchardat, 66.
Bouchet (L.), 536, 666.
Bougault (J.), 351, 569, 602, 635, 666, 700.
Boulanger (G. A.), 492, 600.
Bounafous (J.), 33.
Bounhiol (J.-P.), 33, 100, 160, 731.
Bouquet (Henri), 491.
Bourdet (L.), 538.
Bourguignon (G.), 160, 449, 494, 666
Bourquelot (Em.), 320, 493, 635.
Boutan (L.), 697.
Boutaric (A.), **298** à **306**, **331** à **337**, **167** à **172**, 729.
Bouthillon (Léon), 256.
Bouvier (E. L.), 417.
Bouygues (H.), 99, 224.
Brachet (A.), 100, 226, 668.
Branly (Ed.), 65, 130.
Braun (P.), 33, 193, 260.
Brazier (S. A.), 228.
Breteau (P.), 31.
Brillouin (M.), 65.
Briner (E.), 224, **265** à **270**.
Briscons, 730.
Brissemoret (A.), 386.
Brives (A.), 258.
Brizard, 452.
Broglie (M. de), 320, 452, 534, 635.
Brolemann (H. W.), 321.
Broniewski (W.), 449.
Brouwer (H. A.), 196.
Brown (A. J.), 132.
Bruère, 639.
Brulé (M.), 129, 352.
Brunet (Louis), 127, 191, 257, 491, 600, 726.
Brunton (David W.), 157.
Burgess (G. K.), 492.
Burlet (H. M. de), 572.
Burrell (G. A.), 190.
Burt (F. P.), 292.
Burton (D.), 354.
Burton (E. F.), 522.
Busquet (H.), 321.

C

Cambon (Victor), 533.
Camichel (Ch.), 535, 666.
Camus (J.), 534.
Camus (L.), 569, 602, 636, 667, 730.
Capitan, 226, 385.
Carageorgiades (H.), 33.
Cardinal (J.), 355.
Cardot (J.), 418.
Carles (Dr J.), 634.
Carnegie (D.), 725.
Carnot (Lazare), **25** à **27**.
Carpentier (A.), 31, 100.
Carrel (Al.), 99.
Carrison (R. Mc), 539.
Castaigne, 667.
Castel (J. du), 539.
Caullery (M.), 31, 698.
Cayeux (L.), 391.
Cazin, 98.
Cellerier (F.), **340** à **347**.
Centnerszwer (M.), 601.
César-Franck (R.), 697.
Chabanier (H.), 33, 99, 130.
Chamot (Em. Monnin), 63.
Chantemesse (A.), 32, 450, 538.
Charlier (C. V. L.), 418.
Charpentier (A.), 537.
Chatton (Ed.), 162.
Chattot, 451.
Chauffard (A.), 419, 698.
Chaussé (P.), 258.
Chauveau (A.), 418, 450.
Chauvin (A.), **338** à **340**.
Chavannes (F.), 66.
Chéneveau (C.), 449, 494.
Chervin (A.), 728.
Chevallier (P.), 33, 323.
Chifflot (J.), 259.
Choffat (Paul), 450, 535.
Clausmann (P.), 99.
Clowes (F.), 496.
Coëmme (Mlle S.), 351.
Cohen (Ernest), 196, 356, 572.
Cohen (J. B.), 353
Cohen (W. D.), 540.
Colani (A.), 535.
Colardeau (E.), 160, 193.
Coll-t (Mlle Paule), 534.
Collin (A.), 419.
Colson (Alb.), 65, 493.
Comas Sola (J.), 66, 224.
Compton (A.), 31.
Cooper (W. F.), 97.
Corput (J. G. van der), 356.
Costa (S.), 162.
Costantin (J.), 666.
Cotte (J. et C.), 351, 731.
Courmont (J.), 697.
Courmont (P.), 451.
Coursey (P. R.), 68.
Courtier (J.), 290.
Coustet (Ernest), **88** à **93**, 103, 168, 256, 417, **516** à **521**, **654** à **656**, 726.
Crookes (Sir W.), 731.
Croze (F.), **395** à **406**.
Cuénot (L.), 97, 670.
Cushny (A. R.), 291, **620** à **622**.

D

Dakin (H. D.), 353.
Dalby (W. E.), 34.
Dalimier, 225.
Dalloni (M.), 128, 450.
Daniel (Lucien), 224, 666, 697.
Dantan (J.-L.), 569.
Danysz (J.), 65, 569, 697.
Darboux (G.), 65, **73** à **77**, 190.
Darton (N. H.), 127.
Das (S. C.), 292.
Dastre, 99.
Daufresne (M.), 353.
Dauvillier (A.), 224, 729.
Dauzère (C.), 224, 320.
Davis (G. G.), 632.
Davis (J.-A.), 157.
Davis (W. A.), 228.
Debeyre, 418.
Debove (E.), 32.
Dedekind (R.), 192.
Dehelly, 99.
Delair, 226.

1. Les noms imprimés en caractères gras sont ceux des auteurs des articles originaux. Les chiffres gras reportent à ces articles.

Delamare (G.), 667.
Delbet (P.), 66, 100, 129.
Delore (X.), 225.
Delorme (Ed.), 32.
Delphy (J.), 493.
Demenge (E.), 289, 663, 726.
Demolis (Ed.), 63.
Demoussy (E.), 225.
Dendy (A.), 539.
Depage, 492.
Deprat (J.), 65, 161, 192, 321.
Desmoulières, 667.
Desplas (B.), 128.
Desplats (R.), 129.
Devaux (H.), 128, 290.
Dévé (F.), 731.
Devic (A.), 697.
Devin (G. H.), 259.
Dhar (Nibratan), 196, 355.
Dhéré (Ch.), 492, 536, 636.
Dickson (J. M.), 68.
Diénert (F.), 535.
Distaso (A.), 162, 493.
Doane (R.-W.), 417.
Doncaster (L.), 292.
Donnan (F. G.), 164.
Dott (D. B.), 354.
Douglas (S. R.), 604.
Douvillé (H.), 32, 99, 224.
Doyen (E.), 260, 323.
Droogluver Fortuyn van Leyden (Mme C. E.), 540.
Droste (J.), 36.
Drzewina (Mme A.), 162, 386, 420.
Dubard (M.), 537, 667.
Dubois (Raphaël), **511** à **516**.
Duboscq (O.), 130.
Dubreuil (J.), 291, 539.
Duffield (W. G.), 35, 228, 388.
Dufrénoy (J.), **172** à **178**, 699, **713** à **719**.
Duhem (P.), 94, 161, 192, 384, 570, 693.
Dumas, 99.
Dumont (Mlle M.), 731.
Durand (P.), 386.
Duret (P.), 493.
Duval, 419.
Duvergey (J.), 568.

E

Eblé (L.), 418.
Edgar (E. C.), 292.
Elias (G. J.), 196, 355.
Ellingworth (S.), 132.
Engel (R.), 129.
Eniu (V.), 420.
Esclangon (E.), 536, 570.
Etienne (G.), 350, 493, 537.
Everdingen (E. van), 68, **211** à **219**.
Ewart (A. J.), 354.
Eydoux (D.), 635.
Eykman (C.), 356.

F

Fabre, 699.
Fabry (E.), 490.
Faucon, 534.
Fedorovitch (A.), 451.
Feenstra (P.), 572.
Fercocq (J.), 538.
Fernet (Ch.), 730.
Ferrand (V.), 225.
Féry (Ch.), 353, 700.
Fichet (M.), 291, 539.
Fidel (Camille), 191.
Fiessinger (N.), 420.
Fijan (Mlle E. C.), 356.
Fildes (Paul), 323.
Flack (M.), 131.
Flamel (Nicolas), **77** à **87**, 567, **720** à **724**.
Fleming (J. A.), 68, 222.
Fleurent (E.), 535.
Fleury (Ernest), 320.
Fleury (M. de), 193.
Foix (Ch.), 260.
Folpmers (T.), 356.
Fouassier (M.), 385.
Foucher (l'Abbé G.), **550** à **556**, **706** à **713**.
Fouqué (H.), 225.
François (A.), 705.
Frémont (Ch.), 31.
Friedel (G.), 98.
Frouin (A.), 350, 384.

G

Gadeceau (Em.), 492.
Gain (Edmond), 5, 127, 319, 349.
Galaine (C.), 66, 161, 192, 535, 729.
Gale (H. S.), 127.
Galitzine (B.), 418, 449.
Gallé (P. H.), 355.
Gallieni (général), 384.
Garnier (M.), 291, 323, 352.
Garrigou (F.), 321.
Garrigou-Lagrange (P.), 602.
Gaté (J.), 67.
Gaubert (P.), 258, 290, 350, 636.
Gaucher, 259, 419, 603, 698.
Gaud (F.), 192.
Gautier (Armand), 99.
Gautier (Cl.), 67, 699.
Gautrelet (J.), 491.
Genier (A.), 490.
Gentil (L.), 160, 192, 730.
George (H. T.), 260.
Gérard, 160, 697.
Gigon (A.), 451.
Gilbreth (Frank B.), **173** à **178**.
Gilbreth (L. M.), **173** à **178**.
Gillett (H. W.), 288.
Girardeau, 192.
Girola (Carlos D.), 289.
Gizolme (L.), 535.
Glangeaud (Ph.), 161, 225.
Gley (E.), 32, 98, 728.
Glotova (H.), 451.
Godefroy (Lt Cl P.), 633.
Godin (Paul), 66.
Gomès Teixeira (F.), 382.
Gonnessiat (F.), 492, 729.
Goodey (T.), 604.
Goodrich (E. S.), 539.
Goodson (H. E.), 228.
Goris (A.), 161.
Gosselet (J.), 320.
Gosset (A.), 99.
Gouget (A.), 99.
Gouy (G.), 65.
Govaerts (P.), 351.
Grandidier (A.), 344.
Grandjean (F.), 636.
Grasset (J.), 419.
Gravier (Ch. J.), 161, 385, 450.
Griffith (O. W.), 131.
Griffiths (A.), 68.
Griffiths (C. H.), 68.
Griffiths (Mme C. H.), 354.
Grimberg (A.), 450.
Grimbert (L.), 162, 537.
Grosheintz (H.), 129.
Grossmann (J.), 164.
Groves (J.), 388.
Gruau (Cl), 422, 575.
Guébhard (A.), 351.
Gueylard (Mlle F.), 539.
Guild (J.), 68.
Guillain (G.), 193.
Guillaume (Ch.-Ed.), **201** à **208**, 386, 535, 729.
Guillaume (J.), 31.
Guillery (R.), 698.
Guillet (A.), 162, 163, 291.
Guillet (Léon), 288.
Guilliermond (A.), 667.
Guillot (R.), 291.
Guilloz (Th.), 322.
Guitteau (L.), 636.
Guyon (L.), 731.

H

Haas (W. J. de), 36.
Hadcock (A. G.), 34.
Haga (H.), 36, 355, 356, 540.
Hale (G. E.), 28.
Haller (A.), 100, 127, 164, 227, 420.
Hamburger (H. J.), 572.
Hamburger (L.), 68.
Hamonet (J. L.), 160, 163.
Hardy (Georges), 382.
Hardy (W. B.), 34.
Harlé (Ed.), 697.
Harlé (J.), 697.
Hartley (E. G. J.), 572.
Hartmann (L.), 536, 697.
Hatschek (E.), 496, 572.
Hauser (Henri), 159, 568.
Havet (J.), 290.
Hayes (C.), 604.
Heckel (Ed.), 128, 129.
Hemmerlé (Mlle R.), 351.
Hendrick (J.), 452.
Henry (A.), 162.
Hérelle (F. d'), 290, 730.
Heringa (G. C.), 356.
Hesse (E.), 352.
Hessler (John C.), 190.
Hetterschij (C. W. G.), 572
Hewitt (J. T.), 228.
Hibbard (H. D.), 490.
Hickson (S. J.), 603.
Hill (L.), 131.
Hirtzmann (L.), 386.
Hoëvell (J. J. L. D. baron van), 356.
Hollande (A.-Ch.), 67, 130, 449, 493, 538, 539.
Hollard (Auguste), 696.
Holst (G.), 36, 68, 540.
Hoogenhuyze (C. J. C. van), 356, 540.
Hopkins (F. G.), 64.
Hornaday (W. T.), 29.
Horsch (S.), 636, 666.
Horsley (Sir Victor), 537.
Houlbert (C.), 66, 161, 192, 535, 729.
Houllevigue (L.), **376** à **381**.
Houssay (B. A.), 538, 731.
Houssay (F.), 635.
Houstoun (R. A.), 571.
Hubrecht (J. B.), 256.
Hug, 731.
Hulshoff Pol (D. J.), 356, 572.
Humphrey (Mlle E.), 572.
Huon (E.), 602.

I

Ibarra-Loring (E.), 99, 130.
Ishizu (R.), 726.

J

Jadin (F.), 129, 224, 321.
Jaeger (F. M.), 36, 196, 355, 356, 540.
Janet (Paul), 327, **362** à **369**.
Jarny (de), **151** à **156**.
Javillier (M.), 352.
Jeans (J. H.), 495.
Jeanselme (E.), 322.
Job (E.), 386.
Joly (J.), 194, 604.
Jong (A. W. K. de), 36.
Jong (C. de), 36, 572.
Jordan (C.), 384.
Jörgensen (I.), 732.
Josué (O.), 352.
Jouan (C.), 420.
Julius (W. H.), 36, 196.
Jumelle (Henri), 133, **250** à **255**, 634.
Jungfleisch (E.), 321, 322.

K

Kahn (Jul.), 36.
Kaiser (O.), 635.
Kay (S. A.), 354.
Kayser (E.), 321.
Keesom (W. H.), 36, 355, 540.
Kellogg (V. L.), 417.
Kenyon (J.), 353.

Kermorgant, 162, 537.
Kerstjens (A .H.), 540.
Kervily (M. de), 260, 291, 323, 386, 452.
Khlopine (W.), 31.
Kidd (F.), 132, 732.
Kilian (W.), 666, 698, 730.
Kirmisson (E.), 493.
Kitasato, 451.
Klamer (C. E.), 540.
Klein (W. C.), 356.
Klooster (H. S. van), 196.
Kluyver (J. C.), 572.
Koster (J. J. J.), 572.
Kostitzin (V.), 536.
Kregczy (A.), 495.
Krogness (O.), 666.
Krongold (Mlle S.), 98.
Krusch (Prof. P.), 664.
Kruyt (H. R.), 540.

L

Laar (J. J. van), 355, 540.
Labbé (Léon), 226, 258.
Lacroix (A.), 536, 569, 570, 666.
Lahy (J. M.), 492.
Laisant (C. A.), 28, 126, 632, 725.
Lallemand (Ch.), 290.
Lamcere (Aug.), **370** à **376**, 492.
Lamothe (de), 450.
Lanchester (F. W.), 663.
Lander (C. H.), 227.
Landis (E. H.), 348.
Landouzy (L.), 322, 450.
Lange Jr. (Dan. de), 540.
Langlois (J. P.), 498.
Lannois, 66.
Lapicque (L.), 291.
Lapicque (Mme M.), 193, 291, 534.
Lardennois (G.), 729.
Lashley (K. S.), 97.
Laurent (O.), 224.
Laveran (A.), 129.
Lavialle (P.), 352.
Law (D. J.), 496.
Layet (Al.), 537.
Léauté (H.), 697.
Le Bas (Gervaise), 256.
Lebedinski (W.), 66.
Lebeuf (A.), 33, 96, 193, 260, 448, 490, 695.
Lécaillon (A.), 160, 258.
Lecène (P.), 350, 384.
Lecerf (A.), 191.
Le Chatelier (H.), 66, 350, 418, 666, **675** à **679**, 698.
Lecointre (G.), 350
Lecomte (Henri), 159.
Lecornu (Léon), 28.
Ledoux-Lebard (R.), 224, 729.
Lee (W. T.), 127.
Lees (C. H.), 67, 195.
Leeuwen (Mlle C. van), 540.
Leeuwen (Mlle H. J. van), 196.
Legendre (A. F.), 32.
Legendre (J.), 100, 635.
Léger (E.), 258.
Léger (L.), 130, 352.
Leguillette (André), 382.
Lelieuvre (M.), 190, 382.
Lemarchands (M.), 633.
Le Maréchal, 324.
Le Moignic, 226, 352.
Lemoine (G.), 320, 322, 350, 387.
Lemoine (G.-H.), 259.
Lemonnier (Henry), **306** à **309**.
Le Rolland (P.), 31, 100.
Le Roy (G.-A.), 98, 192, 536.
Lesné (Ed.), 536.
Letulle (M.), 493.
Levaditi (C.), 668.
Lévy (Robert), 98.
Lévy-Franckel, 225.
Lewis (J. Volney), 257.
Lewis (S. J.), 495.
Lewis (William C. Mc C.), 664.
Lewis (W. H.), 164.
Lian (C.), 570.
Lignier (O.), 98.
Lindet (L.), 34.
Linossier (G.), 323, 352.
Livens (G. H.), 732.
Lloyd (Mlle D. J.), 495.
Lloyd (R. E.), 64.
Lobry de Bruyn (C. A.), 68.
Lochelongue (Dr), 667.
Lockyer (Sir Norman), 228.
Loeper (M.), 538, 668.
Lohuyzen (T. van), 355.
Loir (Dr A.), 501
Lorentz (H. A.), 36, 356, 540.
Loria (Gino), 288.
Lorier (S.), 64, 288.
Lucas (J.), 666.
Lugeon (Maur.), 225.
Lumière (Aug.), 161, 192, 351, 385, 602, 635, 730.
Lumsden (C. H.), 228.
Lutz (L.), 533.

M

Mac-Auliffe (L.), 129.
Macdonald (H. M.), 571.
Mc Intosh (J.), 323.
Mc Lennan (J. C.), 195.
Magnan (A.), 258, 603.
Magnenand (L.), 291, 323, 352.
Mailhe (Alph.), **115** à **125**, **310** à **317**, **430** à **442**.
Maillard (C.), 157.
Maillet (Ed.), 632.
Malclès (L.), 31.
Mallet (L.), 602.
Mangin (M.), 383.
Manheimer Gommès (Dr), 159.
Maquenne (L.), 128, 160, 161.
Marage, 128, 226, 321, 352, 384, 667, 700.
Marais (Eug. N.), **112** à **115**.
Marie (C.), 257.
Marie (P.), 99, 162.
Marotte (H.), 323.
Martin (L.), 603.
Martinet (Dr Alfred), 665.
Massart (Jean), 532.
Massol, 534.
Mathias (E.), 223, 321.
Mathis (C.), 731.
Matignon (Camille), 327.
Matthew (W. D.), 223.
Mauger, 570.
Maupas (E.-F.), 666.
Maurel (E.), 193, 323, 538.
Mazé (P.), 538.
Mees (R. T. A.), 572.
Meige (H.), 99.
Meillière, 351.
Ménard (P.), 636.
Mendel (J.), 699.
Mendelssohn (M.), 32, 66.
Menegaux (A.), 30.
Mercier (L.), 731.
Mercier (R.), 162, 730.
Mérieux, 226.
Merton (T. R.), 227, 388, 604.
Mesnager (A.), 534.
Mesnil (F.), 31, 698.
Metchnikoff (E.), 493.
Meunier (Stan.), 128.
Meyer (G.), 196.
Michel (P.), 226.
Milhaud (Georges), 63, **502** à **510**, 567.
Milner (H. B.), 696.
Mirande (M.), 635.
Moles (E.), 322, 534.
Molina (Rodolfo), 126.
Molliard (M.), 635, 698.
Monprofit, 32.
Montessus (R. de), 126.
Montoriol (E.), 416.
Morat (A.), 450.
Moraz (R.), 420.
Moreau (Mme F.), 384.
Moreau (F.), 384.
Morin, 324.
Mourelo (José Rodriguez), **679** à **687**.
Mouret (G.), 319.
Mouriquand (G.), 32, 130, 226, 352.
Muller (P. Th.), 601.

N

Nagaoka (H.), 732.
Nageotte (J.), 33, 291, 323, 668, 699, 731.
Navarro (L. Fernandez), 161, **125** à **129**, **159** à **166**.
Nègre (L.), 130.
Nepper, 534.
Netter (A.), 322, 538.
Neuville (H.), 130, 193, 226, 260, 494, 538, 539
Neveu-Lemaire, 418.
Newbery (E.), 195.
Newlands (Mlle S. H.), 354.
Nicaise (Ch.), 540.
Nichols (E. H.), 388.
Nicholson (J. W.), 388, 571, 604.
Nicolardot (P.), 635.
Nicolas (G.), 668.
Nicolle (Ch.), 259, 492, 537.
Nikitin (W. W.), 600.
Nodon (Albert), 422.
Nœlting (E.), 494, 495.
Nolf (P.), 538.
Nuttall (G. H. F.), 97.

O

Oberfell (C. G.), 190.
Ocagne (Maurice d'), **516** à **550**.
O'Connor (M. J. M.), 226.
Oechsner de Coninck, 160. 697.
Onnes (H. Kam.), 355.
Oosterhuis (E.), 540.
Ornstein (L. S.), 356, 549.
Orueta (D. de), 66.
Os (Chs. H. van), 196.
Osler (Sir William), 223.
Owen (D.), 354, 668.

P

Paget (G. W.), 496.
Panchaud (R.), 633.
Papageorghiou (Pel.), 127.
Parhon (C. J.), 420.
Parisot (J.), 322.
Part (G. M.), 696.
Parturier (M.), 352.
Pavillard (J.), 493.
Péchoutre (F.), **643** à **653**, **679** à **692**.
Pecker (H.), 162, 193.
Peczalski (T.), 128, 161, 322, 324, 384.
Pekelharing (C. A.), 540.
Pellet (H.), 569.
Pellew (Mlle C.), 227.
Pereira de Souza, 322.
Pérot (A.), 128. 569.
Perret (M.), 291.
Perroncito, 451.
Perrot (Emile), 158, 349.
Perry (John), 600.
Petit (G.-E.), 256.
Petrovitch (Dr), 419.
Pettit (Aug.), 603.
Petzetakis, 537, 538, 603, 699.
Phélip (A.), 128.
Phillips (James D.), 157.
Phocas, 536.
Picot, 603.
Pictet (Amé), 98, 418, **579** à **581**, 635.
Piédallu (A.), 698.
Pierre-Marie (A.), 129.
Piña de Rubies (S.), 66.
Pinoy, 226, 352.
Pisani (F.), 384.
Pittard (Eug.), 696.
Plimmer (H. G.), 388.
Policard (A.), 128, 419, 494, 538.
Pontio, 98.
Porak (R.), 386.
Porter (W. T.), 667.
Portier (P.), 539.

Posternak (S.), 449.
Postma (O.), 196.
Pouget (Edouard), 63.
Pozzi (S.), 129.
Price (T. S.), 228.
Prideaux (E. B. R.), 571.
Pring (J. N.), 195.
Procter (H. R.), 354.
Pron (L.), 33, 100, 160.
Prud'homme (Maurice), 29.
Puiseux (P.), **112** à **117**, 635.

Q

Quénu (E.), 99, 351.
Quinquaud (A.), 98.

R

Rabaud (Et.), 33, 130, 323, 352, 386, 666, 699.
Rabut (Ch.), 137.
Railliet (A.), 162.
Ramart (Mme), 100, 227, 420.
Ramon y Cajal, 450.
Ramsay (Sir W.), 495, 534, 537.
Ramseyer (L.), 635.
Ranque (A.), 32.
Ravary, 419.
Raveau (C.), 33, 350.
Rayleigh (Lord), 67, 227.
Raymond (V.), 322.
Rayss (T.), 665.
Regelsperger (Gustave), 5, 134, 159, **178** à **189**, 191, 349, 383, 394, 568, 696, 728.
Regnault (Jules), 66.
Reich (S.), 98.
Reid (C.), 388.
Renard (A.), 665.
Répelin (J.), 32, 534, 730.
Retterer (Éd.), 33, 130, 162, 193, 226, 260, 291, 323, 420, 451, 494, 538, 539, 668, 699.
Reutter (L.), 224, 258, 322.
Reverchon (Léopold), **105** à **112**, **623** à **631**.
Révil (J.), 698, 720.
Rey (Jean), 63, 418.
Reynier (P.), 419.
Richard (J.), 160, 193.
Richardson (R. P.), 348.
Richardson (S. W.), 35, 67.
Richet (Ch.), 320, 534, 535, 536, 729.
Richet fils (Ch.), 451.
Righi (A.), 321.
Ringer (W. E.), 36.
Rivals (Paul), **169** à **172**.
Robertson (G. S.), 228.
Robin (Alb.), 99.
Robinson (L. E.), 97.
Rochaix (A.), 323, 386.
Rocher (L.), 259.
Rodet (A.), 537.
Roelofs (C. Otto), 356.
Roels (F.), 68, 356.
Romburgh (A. G. Van), 36.
Rommelaere, 419.
Roques (C. M.), 291.
Roscoe (Sir Henry), 65.
Roule (Louis), 31, 67, 386, 420, 492, 494, 697, 699.
Rousiers (P. de), **525** à **531**, **591** à **599**.
Rousseau (P.), 698.
Rousset (L.), 129.
Roussy (B.), 225.
Routier (A.), 32.
Rouvière, 418.
Roux (F.), 129.
Roy (G.), 698.
Ruot (M.), 538.
Russell (E. J.), 319.
Russo, 98, 729.
Rutgers (A. A. L.), 36.
Rutgers (J. G.), 35.

S

Saceghem (R. van), 699.
Salanier, 538.
Salkind (J.), 667.
Salonne, 98.
Sanarelli (G.), 697.
Sand (H. J. S.), 195.
Sande Bakhuyzen (E. F. van de), 36.
Santamaria, 98.
Sarasin (Ed.), 160, 385.
Sastry (S. G.), 195, 355.
Sauvageau (C.), 65, 320, 385, 449, 730.
Sauveur (A.), 288.
Savage (R. E.), 496.
Schäfer (Sir E. A.), 726.
Scheffer (F. E. C.), 356.
Schidlof (A.), 384, **581** à **591**.
Schierbeck (A.), 540.
Schreinemakers (F. A. H.), 36, 196, 356, 540, 572.
Schryver (S. B.), 227.
Scott (H.), 492.
Seguin (P. F.), 32, 33.
Séguin (P.), 67, 451, 666.
Seibert (F. M.), 190.
Seligman (R.), 195, 496.
Senez (Ch.), 32.
Senna (Nelson de), 222.
Serès é Ibars, 667.
Sergent (E.), 667.
Serre (E.), 203.
Shaw (P. E.), 132, 604.
Shorter (S. A.), 132.
Siegbahn (M.), 384.
Siertsema (L. H.), 68.
Simmonds (J. P.), 699.
Sitter (W. de), 196.
Skinner (S.), 260.
Sluiter (C. H.), 196.
Smith (S. W. J.), 354.
Smits (A.), 36, 68, 196, 355, 356.
Snethlage (Mlle A.), 355, 356.
Sollas (W. J.), 495.
Sommelet (M.), 164.
Souèges (R.), 535.
Stefanescu (S.), 450.
Stehelin (P.), 418.
Stone (R. W.), 127.
Störmer (C.), 224.
Strutt (R. J.), 35, 570.

T

Taillefer (André), **178** à **189**.
Talma (Mlle E.), 572.
Tammes (Mlle Tine), 196.
Tarassévitch (L. A.), 351, 451.
Targonski (A.), 65, 384.
Taylor (G. I.), 132.
Teodoresco (E.), 493.
Terazawa (K.), 571.
Terroine (F.), 64.
Thevenin (Armand), 223.
Thomas (J. S. G.), 496.
Thompson (W. R.), 66.
Thomson (James), 318.
Thornton (W. M.), 35, 292.
Tian (Albert), 696.
Tiffeneau (M.), 387.
Tingle (A.), 132.
Tingle (J. B.), 132.
Tinker (F.), 132, 195.
Tison (A.), 98.
Tisserand, 729.
Tissier (P.), 419.
Toda, 260, 323.
Tommasina (Th.), 161, 385.
Torres y Quevedo (L.), 638.
Troub (Hector), 259.
Tribondeau (L.), 291, 539.
Trillat (A.), 258, 385.
Troisier (J.), 162.
Trouard-Riolle (Mlle Y.), 259.
Tsan Quo Chou, 98.
Tschernjaeff (I.), 65.
Tschugaeff (L.), 31, 65, 66.
Turpain (A.), 353.
Tussau, 98.

V

Vaillard, 259, 570.
Vallée-Poussin (de la), 224.
Vallery (L.), 192.
Vallot (J.), 258.
Varigny (H. de), 160.
Vasseur (G.), 698.
Vayssière (A.), 160.
Veen (A. L. W. E. van der), 355, 356, 572.
Vegard (L.), 666.
Vegezzi (G.), 492, 536, 636.
Veil (Mme C.), 193, 291, 534.
Verkade (P. E.), 196, 356.
Vermeulen (H. A.), 36, 68, 196, 356.
Verpy (G.), 538, 668.
Verschaffel (A.), 449.
Verschaffelt (J. E.), 68, 196, 540.
Versluis (J.), 540.
Vialleton (L.), 534.
Vichniak (J.), **52** à **59**, 330.
Villavecchia (Prof. Vittorio), 567.
Vincent (H.), 451.
Vincent (V.), 161.
Vogt (Prof. J. H. L.), 664.
Voronoff (S.), 66, 567, 699.
Vosmaer (G. C. J.), 356.
Vries (Hendrik de), 355, 356.
Vries (Jan de), 355, 356, 540.
Vuillemin (P.), 636, 729.

W

Waals jr (J. D. van der), 355.
Wahl (A.), 194.
Walden (P.), 492.
Walker (E. W. A.), 131.
Waller (Mlle M. D.), 228.
Warburton (Cecil), 97.
Watson (J. B.), 97.
Wauclin (A.), **60** à **62**.
Weekers (L.), 259.
Weil (E.), 33.
Weill (E.), 130, 226, 352.
Weinberg (M.), 32, 33, 67, 451, 666.
Welsch (J.), 192.
Went (F. A. F. C.), 36.
Wertenstein (L.), 31, 65.
Wertheim Salomonson (J. K. A.), 36, 196.
West (G. D.), 572.
Whitby (G. S.), 496.
Whittaker (E. T.), 725.
Wicart (Dr), 570.
Wiersma (E. D.), 196.
Willems (Ch.), 385.
Williams (P.), 195, 496.
Willows (R. S.), 260.
Wilson (C. T. R.), 603.
Wilson (E.), 571.
Winkler (C.), 356.
Wolff (J.), 259.
Wood (A. B.), 35.
Wood (A. S.), 228.
Wood (J. T.), 496.
Wood (T. B.), 64.
Wright (Sir A. E.), 259.
Wurtz (R.), 322, 493, 570, 6

Y

Yagi (S.), 291.
Yamanouchi, 260.
Yersin, 320.

Z

Zack (M.), **271** à **276**.
Zambonini (F.), 385, 449.
Zeeman (P.), 36, 356, 569.
Zenghelis (C.), 449, 535, 636, 666.
Zernicke (F.), 356, 540.
Zoretti (L.), **106** à **110**, 416.
Zwaardemaker (H.), 540

Sens. — Imp. Levé, 1, rue de la Bertauche.

On peut dès lors envisager la pêche et la pisciculture comme des moyens de restituer à l'agriculture sous forme organique une partie des éléments azotés et phosphorés que l'érosion a arrachés aux champs cultivés.

Le poisson employé comme aliment humain, les farines de poisson[1] de plus en plus employées dans l'alimentation des animaux à la ferme, sont finalement acquis à l'agriculture[2].

L'alimentation du bétail au moyen d'aliments concentrés importés dans l'exploitation augmente en effet la valeur des fumiers et confère aux sols où on incorpore ceux-ci une amélioration foncière telle qu'en Angleterre on l'a considérée comme susceptible de faire l'objet d'une indemnité versée par le propriétaire au fermier, à fin de bail.

En Europe, l'industrie des pêches fournit à l'agriculture de grandes quantités de résidus. Aux environs de Fécamp, les cultivateurs apprécient hautement, pour fertiliser leurs cultures de betteraves, les saumures que leur fournissent les pêcheries de morue.

Au Japon, où, comme l'on sait, la culture est partout l'objet de soins minutieux, les déchets de poisson sont soigneusement recueillis et ajoutés aux composts. La production de leur pêche ne suffisant pas, ils importent chaque année au minimum 134.000 tonnes de résidus de poissons, qu'ils payent 200 francs la tonne.

Dans l'Inde[3], les sardines avariées sont exposées au soleil sur les plages de sable, pour servir ensuite comme engrais sous le nom de « fish guano ». En fait, comme dans ces pays chauds et avec les procédés primitifs de la pêche hindoue l'immense majorité des sardines arrive à terre impropre à la consommation, la pêche se pratique presque exclusivement en vue de l'obtention de l'engrais, pour les cultures de cacaoyers, de théiers, de caféiers... de Mysore ou du Shevaroys, et même pour l'exportation.

Bien que le « fish guano » préparé par les moyens actuels contienne beaucoup d'huile inutile et 30 % de sable inerte, les planteurs de Ceylan l'achètent pour l'importer dans leurs plantations de thé.

Comprenant l'intérêt qu'offre pour l'agriculture l'emploi de ces engrais richement azotés, le Gouvernement de l'Inde a ouvert en 1914 une usine pour la fabrication d'un fish guano pur, concentré et inodore, par extraction de l'huile à la presse du poisson préalablement bouilli.

Cet exemple mérite d'être imité, étant donnée la valeur des produits obtenus; d'après M. Nicholson[1], une tonne d'engrais de poisson bien préparé contient 110 kgs d'azote[2] et 45 kgs d'acide phosphorique[3], soit une quantité suffisante pour remplacer sur un champ de 20 acres l'exportation résultant de la récolte de 4.500 kgs de grains et de 6.000 kgs de paille.

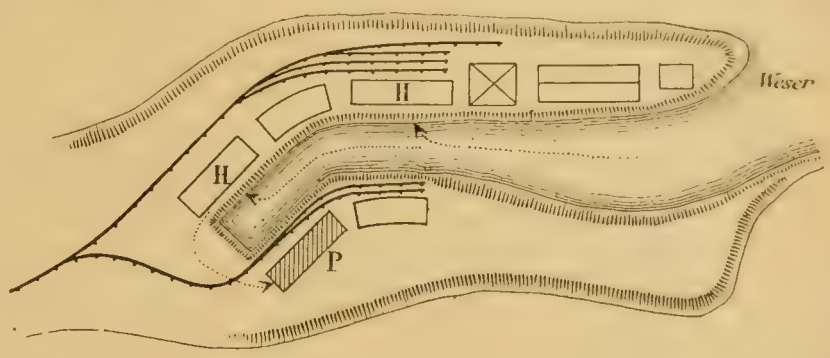


Fig. 5. — *Plan du port de pêche modèle de Geestemunde, avec usines pour l'utilisation des résidus.* — Le poisson débarqué devant les Halles de vente (H) subit la visite d'une Commission de marché; les produits insuffisamment frais sont envoyés à la fabrique de poudre de poisson (P), qui reçoit également les têtes de poissons décapités mécaniquement.

La perte que l'agriculture éprouve du fait de la non-utilisation des résidus de la pêche peut être difficilement appréciée, mais elle est considérable.

En Amérique on a calculé que, outre les squelettes des poissons, les résidus inutilisés représentent environ le quart du produit des pêches, c'est-à-dire 112.500 tonnes par an.

Les résidus de la pêche du seul district de Malabar, ajoute M. Nicholson, représentent une puissance potentielle de production qui, utilisée, suffirait à obtenir 50 millions de kilogs de grains.

V

Dans l'état actuel de nos industries de pêche, cependant, la proportion d'éléments fertilisants qu'elles fournissent aux agriculteurs est insignifiante par rapport à ce qui peut être récupéré par l'exploitation des tests de mollusques.

1. Le port de pêche modèle de Geestemunde possède une usine pour la fabrication de ces farines de poisson (fig. 5).
2. Voir JOLYET : *Physiologie humaine*, p. 598 : Doin, Paris, 1903. Influence du régime sur la teneur en azote des excréments.
3. *Madras fisheries Bureau. Bull.* n° 1, p. 1, 1916.

1. *Note on Japanese Agriculture*, § 100 à 106.
2. ...Valant près de 250 francs au prix actuel du kg d'azote nitrique.
3. Valant 25 francs.

Les mollusques, principalement les Lamellibranches, fixent dans leurs coquilles et précipitent dans les fleuves, les lacs et les mers, par leur mode de nutrition, une quantité considérable des matières minérales dissoutes par les eaux de ruissellement.

Viallanes[1], dans ses expériences faites à la Station biologique d'Arcachon, a montré qu'en 24 heures, dans une eau contenant 0 gr. 0546 d'argile par litre, une moule moyenne précipite 1 gr. 768 de sédiments, une huître portugaise de 18 mois 1 gr. 075, une huître plate 0 gr. 199, en outre des éléments assimilés que son corps ou sa coquille fixent.

Les coquilles des mollusques peuvent revenir au sol comme résidus des exploitations ostréicoles, ou par l'exploitation spéciale des gisements de sables coquilliers accumulés sur les côtes ou assez près pour être dragués.

Le rendement des « maerls », des « traez » et « tangues » exploités sur la côte bretonne, à Caen et à Cette pendant la période 1903-1905 a été de 640.000 m³ valant 960.000 francs[2]. C'est en grande partie à l'emploi de ces amendements et des goémons que le littoral des Côtes-du-Nord doit la fertilité qui l'a fait nommer la « ceinture dorée de la Bretagne ».

Au Canada, les habitants de l'île du Prince Edouard ont mis en culture 86 % de leurs terres et y obtiennent de remarquables récoltes par l'emploi des amendements naturels que la décomposition d'innombrables générations d'huîtres et de moules a entassés dans les baies de la côte.

MM. Chatin et Muntz[3], qui ont trouvé 0,06 % d'acide phosphorique dans les coquilles d'huîtres françaises et 0,12 % dans les portugaises, en ont préconisé l'emploi comme aliment réminéralisateur des animaux; les aviculteurs payent les coquilles broyées ou calcinées jusqu'à 50 francs les 100 kilogs.

Souvent, comme l'a remarqué M. Brandicourt[4], ce sont les oiseaux marins, les goélands dominicains, par exemple, qui ramènent à terre et abandonnent en tas sur les points de la côte où ils se posent pour manger, les coquilles des bivalves qu'ils pêchent.

Des quantités relativement considérables de coquilles sont entraînées à la côte avec des cailloux et des galets, par les algues que les tempêtes ramènent[5]. Nous avons trouvé un bloc de 10 grosses Gryphées entraîné par un *Fucus vesiculosus;* Darwin a signalé l'énorme pouvoir charriant des algues du genre *Macrocystis pyrifera* dans le Pacifique, et on a compté jusqu'à mille galets sur une seule plante jetée sur la côte de Crète.

Enfin, les coquilles abandonnées par le flot sur les plages de sable sont entraînées vers l'intérieur par le vent. La côte des Landes jusqu'à 600 ou 800 mètres vers l'intérieur montre des dépôts de coquillages, épais de plusieurs centimètres et couvrant de larges étendues, d'origine nettement éolienne.

VI

Pour conclure, les éléments des sols cultivés entraînés par l'érosion sont en partie arrêtés avant de se perdre dans les océans.

Leur dépôt fertilise chaque jour le lit des cours d'eau, le fond des lacs et des étangs, des marais et des tourbières, les terres de « Boulbène » de la Garonne, les « Palus » girondins, les « mattes » landaises, les « marshlands » canadiens, tandis que des dépôts anciens assurent aux polders et aux prés-salés de Bretagne, de Vendée et du bassin d'Arcachon une fertilité durable.

Il dépend de l'homme, sinon de provoquer la formation de ces dépôts terrigènes, du moins d'en tirer parti.

Les tourbières et les marécages doivent être drainés, asséchés par la plantation d'arbres à transpiration active, peupliers dans le Nord, pins maritimes ou eucalyptus dans le Midi.

Les marais qu'on ne peut dessécher doivent être transformés en étangs, fournis d'eau par le drainage des aires marécageuses voisines et livrés à la pisciculture.

Avec un rendement à l'hectare inférieur à celui dont se vantent les Allemands[1], nos 300.000 ha d'étangs rapportent, d'après Kunstler[2], 1 million de francs par an, et ce chiffre serait facilement augmenté dans de très larges proportions[3].

Les eaux saumâtres des estuaires marécageux sont susceptibles d'une exploitation plus lucrative encore : 100 ha de réservoirs à poisson, situés au Teich à l'embouchure de la Leyre (fig. 6), rapportent un bénéfice net annuel de 35.000 francs, et quatre hommes suffisent à l'exploitation.

1. *C. R. Ac. des Sc.*, 7 juin 1892.
2. Polidor : *Cong. Nat. des Pêches Mar.*, 1908, p. 149.
3. *C. R. Acad. des Sc.*, 11 mars 1895.
4. *La Nature*, p. 67, 1902.
5. Cayeux : Cours professé au Collège de France, 1916 : Les roches sédimentaires.

1. D'après Brandt, la culture de la carpe dans les étangs allemands produit de 65 à 164 kgs p. ha. (Ueber d. Stettiner Haff, *Wiss. Meeresunt. Kiel Komm.*, 1896).
2. La crise aquicole. *Trav. des Labor. de la St. Biol. d'Arcachon*, p. 72, 1903.
3. Guénaux : La carpe. *Vie agricole*, p. 244, 30 septembre 1916.

D'après M. Hornell (*loc. cit.*), les réservoirs à poisson d'Arcachon rapportent 276 kilogs de mulets et d'anguilles par an et par ha. en moyenne.

Les « Valli » de la lagune de Comacchio rapportent annuellement 850 tonnes d'anguilles, 74 tonnes de mulets valant ensemble 150.000 lire; les marécages voisins non exploitables par la pisciculture ont été assainis, et la culture des plantes industrielles y donne un rendement de 100 lire à l'ha.

Si les terres d'alluvions littorales peuvent être définitivement acquises à la terre ferme par une digue qui arrête la mer à marée haute, et si le drainage suffit à les assainir, on peut, en les abritant du vent, les livrer avec grand profit à l'élevage ou à la culture maraîchère. — Si, au contraire, l'évacuation de l'eau surabondante rencontre des difficultés, on doit les transformer en réservoirs au moyen d'une digue qui retient l'eau à marée basse, et les livrer avec plus de profit encore à l'élevage des mulets, des anguilles et des carpes.

Dans tous les cas, les sols d'alluvions, riches des dépouilles des plaines et des plateaux, ont une haute valeur et doivent être exploités. Trop souvent encore, on les voitcouverts de marécages improductifs, et dangereux comme foyers de paludisme.

Une faible partie seulement des éléments terrigènes se dépose sur des surfaces exploitables par l'Agriculture ou la Pisciculture. La plus grande proportion n'est accessible qu'aux industries des Pêches.

Malheureusement, en France, seuls les sables coquilliers et les Goémons donnent lieu à une exploitation suffisante. Les coquilles d'huître inutilisées encombrent les centres ostréicoles, et faute d'usines pour les transformer en engrais utilisables, le poisson fermenté et les déchets impropres à la vente sont rejetés par tonnes à la mer, au grand dommage de l'hygiène publique et de l'économie nationale.

Mais, alors même que toutes ces sources de richesses, aujourd'hui en partie gaspillées, seraient activement exploitées, il faudrait encore reconnaître que seule une minime proportion des produits que l'érosion entraîne reviendrait au sol des continents. Chaque jour, le continent s'appauvrit et les mers s'enrichissent. Il s'appauvrit irrémédiablement, puisque nous sommes

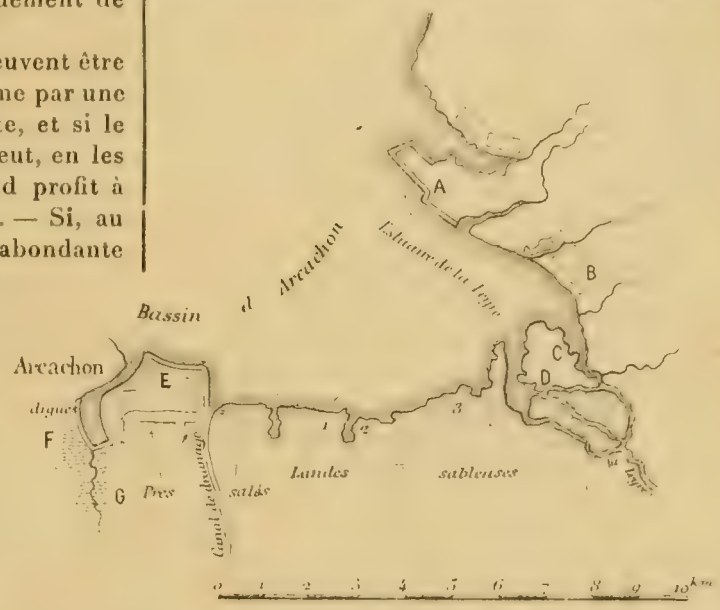


Fig. 6. — *Mise en valeur de l'estuaire de la Leyre* (1771 et 1884). — A, réservoir à poissons de Certes (400 ha., dont 250 ha. d'eau); B, réservoirs d'Audenge (300 h.); C, réservoirs de Biganos (150 ha.); D, réservoir du Teich (200 ha.); E, réservoirs de la Teste (70 ha.); F, cultures de primeurs dans un ancien marais salé; G, vallée tourbeuse drainée; 1, 2, 3, terres d'alluvions salées; prés et vignes.

incapables de lui restituer tout ce qu'il perd; il s'appauvrit chaque jour davantage puisque, déjà avant la guerre, et combien plus depuis, par suite du déboisement et de la dénudation culturale, toutes les rivières prennent une allure torrentielle et entraînent des quantités sans cesse croissantes de sédiments.

A cela il n'y a qu'un remède : boiser.

J. Dufrénoy,
Ancien Elève à l'Institut agronomique,
Assistant à la Station biologique d'Arcachon.

TANNAGE RAPIDE ET ULTRA-RAPIDE

« Au moment où la France se prépare à la guerre, où toute la population s'arme, notre livre acquiert une nouvelle importance. Comme aux premiers temps de la Révolution française, on improvise, à l'aide de procédés nouveaux, la fabrication de cuirs de toutes espèces, matières indispensables aux troupes de toutes armes.

« Les Séguin, les Salleron, et tant d'autres, ont fait leur fortune en employant des procédés chimiques inconnus de l'ancien régime; c'est aujourd'hui pour nous un hommage à la Patrie de venir les révéler dans ce traité, *relatif aux cuirs et aux peaux* ».

C'est en ces termes que s'exprime M. Dessables dans l'introduction de la seconde édition, parue en 1830, de son livre intitulé *L'art de fabriquer et d'améliorer les cuirs et les peaux de toute espèce*, termes un peu emphatiques pour l'époque, puisqu'il ne s'agissait que de la conquête de l'Algérie, et malheureusement de beaucoup au-dessous de la vérité aujourd'hui. Quoique l'ouvrage de M. Dessables soit tombé dans l'oubli, j'ai cru devoir l'en tirer parce qu'il est, par ordre chronologique, le troisième traité complet paru en France sur la matière et qu'il complète heureusement l'ouvrage très estimable de l'astronome de Lalande, précisément au point de vue du tannage rapide.

I

Le cuir, substance que tout le monde connaît et dont personne n'a encore donné une définition précise, dont la constitution est à peine connue, sert dans l'art militaire à permettre aux troupes de marcher et de s'équiper, aux chevaux de traîner les voitures. Dans la plupart, pour ne pas dire dans toutes les caisses de voitures ou de caissons se trouvent des garnitures en cuir. Si l'on ne sait pas exactement ce qu'est le cuir, par l'exposé rapide de ses principales applications à la guerre, on se rend compte aisément qu'il est aussi indispensable que les métaux ou les explosifs. Il est consommé en moindre proportion; mais il se remplace aussi moins facilement. Il faut plusieurs années pour obtenir un animal de taille suffisante pour fournir, avec la viande nécessaire au ravitaillement, une peau capable de préparer des traits ou des semelles. Or, le cuir s'use *d'autant plus qu'il est moins bien préparé* et aussi qu'il est *plus hâtivement préparé*. Le fait est surtout très net dans le cas des cuirs pour semelles, quand celles-ci sont longtemps au contact de l'eau. Or nos soldats se trouvent souvent pendant des jours et des nuits dans des tranchées pleines d'eau ou tout au moins fort boueuses.

Le tannage du cuir pour semelles était fort long autrefois. Aussi, dans les guerres de la première République et ensuite dans celles de l'Empire, a-t-il fallu songer à accélérer le tannage. Ce fut à un Français dont le nom de famille se retrouve uni à un grand nombre d'inventions remarquables, dans les branches les plus diverses de l'industrie, tout au long du siècle dernier et encore au début de ce siècle, dans les moteurs d'aviation, ce fut, dis-je, à Seguin que l'on attribua généralement l'honneur d'avoir imaginé un procédé destiné à accélérer le tannage.

En réalité, il a groupé, perfectionné et vulgarisé des procédés déjà connus en Angleterre et en France. Dans son livre sur *L'Art du Tanneur*, publié en 1764, l'astronome de Lalande indique les moyens proposés pour abréger la durée du tannage — tannage à la flotte, préparation d'extraits, emploi de la chaleur et de sels étrangers comme l'alun, utilisé de nos jours dans les tannages mixtes rapides[1].

Preiffer annonça, en 1777, que l'on pouvait transformer en six ou huit semaines les plus fortes peaux de bœuf vertes en excellents cuirs, sans tan, avec les produits de distillation du charbon ou de la tourbe et sous l'action de la chaleur.

Les peaux, dégorgées et rincées à la manière ordinaire, sont plongées dans des cuves remplies pour les deux tiers des premiers produits de distillation et pour l'autre tiers d'eau de pluie ou de rivière. Les cuves sont chauffées jusqu'à ce que le bain soit tiède. Après douze heures, les peaux sont ébourrées facilement.

Les peaux sont placées, après ébourrage, dans un bain formé des produits obtenus en poussant la distillation du charbon et étendus seulement d'un quart d'eau.

Si Seguin n'est pas l'inventeur du tannage rapide, il eut le grand mérite d'en comprendre l'importance pour certaines applications et il essaya de le perfectionner. Le gonflement des peaux était obtenu avec de l'acide sulfurique dilué, suivant une habitude déjà suivie en Angleterre et indiquée par Macbride; le tannage n'avait plus lieu dans des fosses. Les peaux étaient plongées dans des dissolutions de tanin préparées à

1. *Art du Tanneur*, § 100, 200 et 274; — 1764.

l'avance, en séparant les peaux les unes des autres. Les peaux étaient plongées dans des jus de plus en plus riches; afin de ne pas absorber inutilement de tanin, la tête et les flancs étaient enlevés. Les commissaires désignés par la Convention assistèrent aux essais qui eurent lieu pendant trois mois à Franciade (St-Denis), puis à de nouveaux essais à Mousseaux, destinés à accélérer encore le tannage.

Le rapport rédigé le 3 brumaire de l'an 3 était des plus favorables. Les besoins des armées en campagne augmentaient et toute méthode accélérant le tannage présentait un très grand intérêt. Aussi le procédé de Seguin fut-il appliqué en grand sur l'ordre du Premier Consul, puisque nous voyons le préfet Dieudonné de Lille en l'an IX (1801), tout en vantant la supériorité des cuirs du citoyen Auguste Ducrocq de Douai, se lamenter sur la trop grande rapidité du tannage et sur la dévastation des forêts rendant le tan plus rare et plus cher.

De tous côtés, à l'exemple de Seguin, et en Angleterre particulièrement, on s'était efforcé d'accélérer le tannage. William Desmond prend, en 1797, une spécification (brevet) pour un procédé fort analogue à celui de Seguin. Les *Annales de Chimie*, dont Lavoisier fut un des fondateurs, indiquent[1] que, dans les trois premiers volumes du *Répertoire des arts*, on a inséré plusieurs procédés relatifs à la tannerie :

1° Une nouvelle méthode de M. Ashton, pour tanner le cuir; au lieu des astringents végétaux, il emploie des astringents minéraux, des préparations naturelles ou artificielles de cuivre, de fer, de zinc, de soufre dont on forme des bains, qui préparent le cuir de semelle en six semaines et le cuir de veau dans la moitié du temps;

2° Le cuir rendu impénétrable à l'eau, par un mélange d'huile siccative et d'oxydes métalliques, auxquels on peut substituer avec avantage certaines gommes-résines;

3° La nouvelle méthode du Dr Macbride pour le tannage; elle consiste en particulier dans l'emploi de l'eau de chaux, au lieu de l'eau commune, et dans celui de l'acide vitriolique délayé;

4° Un mémoire de Swayne sur l'usage des feuilles de chêne pour tanner;

5° Un perfectionnement dans le procédé du tannage par J. Tucker : on y élève la température du bain.

En 1808, la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale, qui toujours s'est efforcée, autrefois comme aujourd'hui, de développer notre industrie et de lui apporter son appui, s'intéressa à l'œuvre de Favier. Des commissaires furent désignés par la savante Société pour suivre les essais de tannage de Favier; la Société désigna comme rapporteurs Audibert, Bardel et d'Arcet. Ainsi que ceux-ci l'indiquent au début de leur rapport, les essais antérieurs étaient déjà tombés dans l'oubli.

« En se reportant à l'époque à laquelle M. Favier commença à s'occuper du tannage, on trouve que les travaux de Macbride et de Saint-Réal étaient pour ainsi dire oubliés, et que le procédé proposé depuis par M. Seguin était abandonné, ou plutôt qu'il avait servi à modifier l'ancien procédé et à amener les perfectionnements que l'art du tanneur a reçus dans ces derniers temps. La préparation des cuirs forts durant encore au moins quinze mois, souvent deux ans et même quelquefois plus, M. Favier chercha le moyen d'abréger la durée de cette opération sans nuire à la qualité du cuir. »

D'après les rapporteurs, les expériences auxquelles ils ont assisté « prouvent évidemment que les peaux de bœuf qui ont été marquées par la Commission ont été préparées et tannées en deux mois par M. Favier et que les cuirs qui en sont provenus, quoiqu'ayant la fleur altérée et étant trop cassants, peuvent cependant être considérés comme assez bien tannés, et comme équivalents en bonté à une grande partie de ceux qui se trouvent dans le commerce ».

Ce Rapport, adopté en séance le 23 novembre 1808, contenait, comme on le voit, une restriction, mais elle n'était rien à côté de l'impression laissée par les cuirs préparés par le procédé de Seguin, cuirs qui avaient servi à chausser nos soldats pendant les guerres de la République et du Premier Empire.

Les essais de Favier, de Salleron furent oubliés, eux aussi, et près de quarante années s'écoulèrent avant que l'on entendît reparler du tannage rapide.

Vers 1847, la question se pose de nouveau.

Dans son « nouveau procédé de tannage des cuirs », A. Turnbull[1], après s'être étonné que « l'art du tanneur ne se soit pas ressenti de l'impulsion que les sciences chimiques ont imprimée aux autres branches de l'industrie », reconnaît que par les procédés actuels le tannage est une opération lente et coûteuse.

« Plusieurs moyens ont, il est vrai, été proposés dans le but d'économiser le temps; mais ce résultat n'a été obtenu qu'aux dépens de la qualité des cuirs. »

Pour accélérer le tannage, il se sert de sucre :

1. *Ann. de Chimie*, t. XXII, p. 103; 1797.

1. *Ann. de Ch. et de Ph.*, 3e série, t. XXI, p. 74; 1847.

« Le sucre jouit de la propriété singulière de rendre la chaux soluble, propriété que j'utilise en plongeant le cuir imbibé de chaux dans une solution de sucre concentrée, avant de le soumettre à l'action du tanin. »

« Enfin, lorsque le cuir est privé de la présence de la chaux, je le place en contact avec le liquide du tannage que je fais passer par endosmose et exosmose, à travers la trame de son tissu. Pour empêcher la formation de l'acide gallique qui dissout la gélatine et altère les qualités du cuir, il suffit d'empêcher le contact du liquide tannant avec l'air atmosphérique. »

« L'économie obtenue par mon procédé est immense. Je vais en quelques mots en donner une idée :

« Dans l'état actuel de l'art du tannage, 50 kilogs de peau à l'état frais ne fournissent que 22 k. 500; or 25 kilogs de cuir tanné exigent 150 kilogs d'écorces de chêne, et l'opération dure dix-huit mois. Par ma méthode, quatorze jours suffisent ; je n'emploie, pour le même poids de cuir, que 50 kilogs d'écorces de chêne et j'obtiens, après l'opération, 30 kilogs de cuir tanné.

« Tandis que, par la vieille méthode, le tanneur prépare *une seule peau*, je puis en préparer trente-neuf. »

Les avantages du nouveau procédé de tannage sont les suivants :

1° Augmentation d'un cinquième dans le poids du cuir ; amélioration de sa qualité, l'action délétère de la chaux sur ses fibres étant neutralisée ;

2° Economie énorme sur le temps, et diminution très considérable dans les frais.

Ce sont encore ceux que l'on cherche aujourd'hui.

Pour tanner vite, il était nécessaire de préparer des extraits concentrés. Durand[1], commissaire général des Monnaies, dépose de la part de Welsford, avec un flacon contenant du tanin concentré, deux échantillons de cuirs obtenus par l'emploi de cette substance, après quinze jours seulement de macération.

Ce tanin concentré est extrait de deux arbustes, le lentisque et le myrte, qui croissent abondamment aux environs de Rome et les avantages qu'il offre sont :

1° De remplacer le tan provenant de l'écorce du chêne ou d'autres arbres ;

2° D'être plus économique et moins cher que le tan ;

3° D'être sous un petit volume facile à transporter.

1. *Bull. Soc. Encour.*, 2e série, t. VI, p. 190 ; 1859.

II

Tous ces essais furent sans lendemain et le tannage rapide n'a réellement pris naissance qu'après les efforts tentés de divers côtés pour mettre au point le tannage électrique.

A tort ou à raison, mais plutôt à tort, comme l'expérience l'a montré, on s'imaginait pouvoir accélérer le tannage en déplaçant le tanin à l'aide du courant électrique ; on cherchait à réaliser la migration des molécules que les travaux d'Hittorf avait mise en lumière. L'idée était séduisante. La maison Durio s'efforça de tanner les cuirs à l'aide de l'électricité et créa le tannage ultra-rapide.

Son brevet ne fut pris qu'en avril 1882, après plusieurs années d'essais. Ces tanneurs reconnurent que le tannage rapide ne traverse complètement la peau qu'en employant les jus à hauts degrés.

De cette époque date la création du tannage mixte ou rapide. Voici comment le président du Syndicat général des cuirs, M. Placide Peltereau, dans son Rapport à l'Exposition de 1900, apprécie les résultats des nouveaux procédés. Parlant d'abord des beaux cuirs au tannage lent par l'écorce de chêne :

« Ils réunissent, dit-il, toutes les qualités du tannage fin et serré (dû à l'*assimilation lente du tanin*), de nuance, de fermeté sans raideur, de lissage soigné sur fleur et sur chair »...

Plus loin[1], à propos du « tannage modérément accéléré aux extraits tanniques et à l'écorce de chêne ou aux matières tannantes diverses, combinées ou non », M. Peltereau n'est pas sans faire quelques réserves à propos des cuirs tannés par les anciens procédés à l'écorce de chêne :

« D'un prix de revient moindre que les précédents, de bonne qualité moyenne généralement et de belle apparence, quoiqu'ils n'aient ni la nuance, ni la coupe des cuirs au chêne pur, ce sont déjà les cuirs du présent et ce seront, de plus en plus, les cuirs de l'avenir. »

Mais, pour le cuir obtenu par le tannage ultra-rapide aux extraits tanniques, M. Peltereau reste intransigeant :

« Ainsi que nous l'avons dit ailleurs, cette fabrication ne nous semble pas constituer un progrès, ni répondre à un besoin. Nous en jugeons par le peu de faveur que semblent lui accorder les consommateurs dans la plupart des pays et par les résultats financiers de son application qui sont restés médiocres dans bien des cas.

1. P. 341 et 342.

« Tout au plus pourrait-on la considérer comme une *ressource utile au cas où les besoins considérables et immédiats qu'engendrent les guerres se feraient sentir*. Et encore convient-il de remarquer qu'avec une production toujours croissante dans le monde entier, les stocks de cuirs tannés, *assurés par les autres fabrications*, seraient probablement *suffisants* et *préférés*.

« *Nous ne voyons donc son utilité que dans les pays lointains qui naissent à la civilisation et ignorent encore la transformation du cuir.*

« Aussi concluons-nous par ces paroles du savant professeur Procter, qui fait autorité en Angleterre et dans le monde : Les cuirs tannés ainsi sont plutôt durs que solides ; il est possible que *les bons cuirs à semelles ne puissent jamais être produits par le tannage rapide.* »

La guerre actuelle n'a que trop confirmé les craintes et les prévisions, si bien résumées par un grand industriel et un grand chimiste du cuir, MM. Peltereau et Procter, en ce qui concerne le cuir à semelles. Le cuir à harnachement, qui doit surtout résister à des efforts de traction, est hors de cause. Même s'il est mouillé par les pluies, ce cuir n'est point, comme le sont les semelles aux pieds de nos soldats, constamment plongé dans la boue ou dans l'eau ; il ne frotte point sur des cailloux et n'est point traversé par des clous ; enfin il est nourri, c'est-à-dire graissé.

Tout autre est le problème pour les semelles : plus le cuir est mauvais, plus vite il s'use et plus vite il convient de le remplacer. Et d'autres cuirs que le cuir tanné, d'autres substances que le cuir, puisqu'il n'est pas possible en temps de guerre de préparer du cuir par tannage lent, auraient dû être utilisés pour éviter des dépenses exagérées et un résultat très médiocre.

Pourquoi le tannage est-il lent ?

En général, la vitesse d'une réaction chimique entre liquide et solide dépend d'un certain nombre de facteurs parmi lesquels on peut citer :

1° La surface active du solide (porosité, finesse...) ;

2° Le degré de concentration ;

3° La température ;

4° L'énergie chimique ;

5° La constitution physico-chimique des corps solides ;

6° L'agitation ;

7° L'énergie électrique dans le cas de corps conducteurs ;

8° La pression osmotique ;

9° La perméabilité de la paroi ;

10° La migration des ions sous l'action d'un courant électrique ;

11° La pression, etc...

Si, au lieu d'une réaction, on envisage un phénomène du domaine de la physique moléculaire, les mêmes facteurs interviennent encore, à l'exception de l'énergie chimique. Il est probable que le cuir est un mélange de complexes, de combinaisons et de solutions solides.

Or, les tanins sont des substances à réactions peu énergiques, et si la peau est une paroi perméable, comme on le voit dans le parchemin, utilisé par Graham pour ses belles recherches sur l'osmose, le cuir est beaucoup moins perméable. Au fur et à mesure que le tanin pénètre dans la peau et la transforme en cuir, la pénétration est rendue plus difficile et par suite plus lente.

Dans les fosses, l'agitation est nulle, la température peu élevée. Le tanin se dissout lentement et jamais en très grande quantité.

Aussi le vieux tannage est-il lent parce qu'aucun des facteurs énumérés plus haut n'exerce d'action énergique, par suite prompte.

Il est admis en tannerie qu'un cuir est bien tanné, tanné à cœur, quand il est entièrement traversé par le tanin, quand il ne présente plus de *raie de verdure*. Du moins c'était là la caractéristique du cuir tanné à l'écorce de chêne. Le tanneur entamait d'un coup de couteau la peau et constatait les progrès de la pénétration du tanin. Quand la couleur de la peau était uniforme dans toute son épaisseur, le tanin avait pénétré partout, la peau était tannée à cœur ; elle était devenue du cuir, mais avec les peaux épaisses et fortes, il avait fallu dix-huit mois !

Tout naturellement, on fut conduit à supposer que le fait de traverser la peau avec le tanin était le seul but à atteindre et, pour y arriver rapidement, de nombreux brevets, de multiples procédés virent le jour, brevets et procédés que nous n'examinerons pas plus que nous n'avons examiné les travaux de Saint-Réal et le tannage électrique. Tous les brevets utilisent :

Des jus de plus en plus concentrés :

L'agitation ;

Le chauffage plus ou moins énergique des jus, si l'agitation n'échauffe pas encore assez ;

Et parfois l'emploi d'acides ou de substances diverses.

L'emploi de jus de plus en plus concentrés n'est que le développement naturel de l'ancienne tannerie. Si la peau est plongée dans un jus tannant plus riche qu'elle en tanin, en vertu des lois de l'osmose, le tanin passera dans la peau ; si l'inverse avait lieu, la peau se détannerait. L'agitation joue un rôle tel que, si la chose était nécessaire, on arriverait à faire pénétrer du sable dans la peau. Enfin, la chaleur accélère tous les

phénomènes rappelés plus haut. Quant à l'action des acides, et de certaines substances, elle a pour but de gonfler la peau et par suite de faciliter la pénétration des jus.

On pourrait croire à une exagération de notre part sur l'effet de l'agitation. Stark et Cie, à Weisenau près de Mayence, ont breveté, en 1891[1], l'emploi du tanin en poudre ou en pâte avec friction sur les peaux fraîches simplement dégorgées et décolorées. Le tanin s'absorbe en peu d'heures et l'eau exsudée forme pâte avec le tanin.

La pression a été augmentée également. Une patente anglaise[2] indique que les peaux préparées à l'ordinaire sont plongées dans les liqueurs tannantes renfermées au sein d'une cuve en cuivre à parois résistantes. Les jus sont soumis à une pression de cinq à six kilogrammes et les jus sont changés toutes les 24 heures. En Italie, semblable méthode avait été brevetée par la maison Alimonda à La Spezzia. D'autres fois, les cuirs sont comprimés entre des cylindres au sein des jus[3].

L'action du vide[4] est également utilisée; les peaux sont chargées d'abord dans un appareil, puis, après vide, les jus sont introduits. L'opération est répétée deux ou trois fois.

L'action de la pression ou du vide est encore activée par la rotation, comme dans le procédé de « tannage avec des bains de concentration croissante et des pressions également croissantes dans l'appareil rotatif[5] ».

Aux jus ont été ajoutés non seulement des acides, mais les sels et les composés les plus divers. Le tannage ultra-rapide, grâce à tous ces moyens, peut être effectué en moins de quarante-huit heures; mais le cuir est-il le même que le cuir obtenu par tannage lent? L'expérience actuelle montre qu'il n'en est rien.

Si le tannage est moins rapide et s'il s'effectue en trois mois ou en six mois, on obtient le tannage rapide ou accéléré, dont les produits sont intermédiaires entre les précédents et ceux fournis par le tannage lent.

Peut-on reconnaître la valeur de ces différents cuirs avant usage?

Peut-on caractériser le mode de tannage?

A la première question il n'est pas possible de répondre. Des expériences de longue durée ont été certainement exécutées, rien n'a été encore publié. Quelques communications ont été faites à la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale qui, fidèle à son passé, a dirigé des recherches dans cette voie, mais les études qu'elle a patronnées sont en cours.

A la seconde, il n'est pas non plus facile de répondre. Au début, les cuirs tannés aux extraits, par tannage rapide ou ultra-rapide, renferment naturellement les substances : sels, acides ou autres ajoutées aux jus. Mais l'emploi des substances faciles à retrouver par l'analyse a été abandonné et les acides utilisés pour le gonflement sont des acides organiques, plus coûteux que l'acide sulfurique, mais qui existent naturellement dans les jus ou les peaux et qui ne peuvent plus être aussi facilement caractérisés. Restait une autre différence entre les cuirs tannés lentement et les cuirs tannés aux extraits plus ou moins rapidement : celle, pour ces derniers, de renfermer une plus grande quantité de matières tannantes solubles que dans les premiers. Cette différence, qui s'atténuait déjà au corroyage, a, elle aussi, disparu. De nouveaux procédés de tannage rapide permettent de traverser les cuirs juste assez pour qu'ils soient dits *tannés à cœur*, mais il n'y a pas de tanin en excès, soluble dans l'eau. Les tanneurs qui tannent rapidement avec leurs vieux procédés, et qui laissaient trop de tanin non fixé par la peau et par suite soluble dans l'eau, n'ont qu'à laisser dégorger leurs cuirs dans l'eau pour enlever l'excès de tanin compromettant, et les cuirs ne paraissent plus être tannés rapidement. Malheureusement la valeur de leurs cuirs n'en est pas augmentée.

La rude expérience de cette guerre sera, pour le cuir à semelles, la faillite du tannage ultra-rapide et même d'un grand nombre de tannages rapides.

Nicolas Flamel.

1. Br. St. 2871, 4 avril 1891.
2. 20.154 — 11 septembre 1896. R. W. James à Londres.
3. Br. allem. 98342, 22 décembre 1896 — Georges de Ceyter. à Mouscron.
4. Br. anglais n° 8131 du 5 avril 1898. Scote à Liverpool.
5. Br. allem. n° 103.398 du 6 juillet 1897. H. Schmidt à Hambourg-Uhlenhorst et J. Landini à Hambourg.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques

Whittaker (E. T.), *Membre de la Société Royale de Londres*, et **Watson** (G. N.). — **A course of modern Analysis. An Introduction to the theory of infinite processes and of analytic functions, with an account of the principal transcendental functions.** (COURS D'ANALYSE MODERNE. INTRODUCTION A LA THÉORIE GÉNÉRALE DE LA MÉTHODE INFINITÉSIMALE ET DES FONCTIONS ANALYTIQUES, AVEC UN APERÇU DES PRINCIPALES FONCTIONS TRANSCENDANTES). 2e *édition, complètement revue. — 1 vol. gr. in-8° de 560 p. (Prix cart.: 18 sh.). Cambridge University Press*, 1915.

La première édition de cet ouvrage remontait à 1902; elle a été complètement remaniée, et l'œuvre actuelle doit être considérée comme entièrement nouvelle. C'est, en somme, un très bon traité d'Analyse, bien exposé, bien ordonné, et fort complet. Il comprend 22 chapitres et se divise en deux parties de la manière suivante.

1re partie. — *Les Méthodes de l'Analyse.* — Ch. 1 : Nombres complexes. — Ch. 2 : Théorie de la convergence. — Ch. 3 : Fonctions continues et convergence uniforme. — Ch. 4 : Théorie de l'intégration de Riemann. — Ch. 5 : Propriétés fondamentales des fonctions analytiques ; théorèmes de Taylor, de Laurent et de Liouville. — Ch. 6 : Théorie des résidus ; application à l'évaluation des intégrales définies. — Ch. 7 : Développement des fonctions en séries infinies. — Ch. 8 : Développements asymptotiques et séries sommables. — Ch. 9 : Série de Fourier. — Ch. 10 : Equations différentielles linéaires. — Ch. 11 : Equations intégrales.

2e partie. — *Fonctions transcendantes.* — Ch. 12 : Fonction Gamma. — Ch. 13 : Fonctions Zêta de Riemann. — Ch. 14 : Fonction hypergéométrique. — Ch. 15 : Fonctions de Legendre. — Ch. 16 : Fonction confluente hypergéométrique. — Ch. 17 : Fonctions de Bessel. — Ch. 18 : Equations de la Physique mathématique. — Ch. 19 : Fonctions de Mathieu. — Ch. 20 : Fonctions elliptiques. Théorèmes généraux et Fonctions de Weierstrass. — Ch. 21 : Fonctions Thêta. — Ch. 22 : Fonctions elliptiques Jacobiennes.

Ce qui caractérise l'ouvrage, c'est surtout le nombre considérable des exemples et des exercices qu'il contient. Il est appelé de ce fait à rendre les plus grands services aux étudiants qui l'auront entre les mains.

En raison du nombre considérable des Traités d'Analyses qui ont été publiés en France, il est peu probable qu'il y ait place pour une traduction en notre langue de cet excellent livre ; mais les étudiants qui ont une possession, même sommaire, de la langue anglaise trouveraient profit à le consulter et même à en faire une lecture un peu approfondie, au moins dans certaines parties. Ne fût-ce qu'au point de vue des exercices que nous venons de signaler, ce serait pour eux une précieuse ressource.

En terminant, nous devons signaler, à côté des qualités fondamentales de l'œuvre, la perfection typographique qu'elle présente et qui en rendent la lecture attrayante. C'est du reste une sorte de tradition dans les publications de l'Université de Cambridge.

C. A. LAISANT,
Docteur es Sciences,
Ancien examinateur d'admission
à l'Ecole polytechnique.

2° Sciences physiques

Carnegie (David) et **Gladwyn** (Sidney). — **L'Acier. Sa fabrication. Son prix de revient.** *Traduit de l'anglais par* E. BAZIN, *ingénieur chimiste métallurgiste I. C. N. — 1 vol. in-8° de 633 pages avec 10 planches hors texte et 225 gravures dans le texte. (Prix cart. : 40 fr.) Librairie Polytechnique Béranger, 15, rue des Saints-Pères, Paris*, 1915.

Cet ouvrage de métallurgie répond bien à l'orientation actuelle de l'enseignement industriel, qui, parallèlement à l'étude des procédés techniques d'une fabrication, comporte celle des conditions économiques et financières dans lesquelles cette fabrication se développe. La réunion de tels éléments, si nécessaires pour établir un prix de revient ou pour surveiller la bonne marche d'une usine, ne présente des garanties sérieuses qu'autant qu'ils émanent de la même source. Le livre de M. David Carnegie sur l'acier, écrit en collaboration avec M. Gladwyn, est l'un des premiers où aient été rassemblés, sous des plumes autorisées, les deux côtés technique et économique de l'industrie de ce métal, dont la production résulte, comme l'on sait, de quatre principaux procédés caractérisés par le creuset, le convertisseur, le four à gaz et le four électrique.

Comme préambule, les auteurs fournissent des données extrêmement complètes sur les matières premières employées : minerais, fontes, matériaux réfractaires, fondants, ferro-alliages et combustibles. Une série de tableaux en indiquent les caractéristiques (composition et prix).

Le procédé au creuset, qui est le plus ancien, occupe la première partie du volume. On y voit successivement l'évolution du four à creuset depuis 1740, où Huntsman chauffait les creusets au coke avec tirage naturel, les fours à tirage forcé, les fours à gaz à régénération Siemens, les fours oscillants, les fours chauffés aux huiles lourdes, etc. Après un chapitre fort documenté consacré à la fabrication des creusets, on examine pour chaque four le fonctionnement, le rendement, le prix d'installation, les frais d'entretien et les divers éléments de revient du métal obtenu. Les charges varient suivant les emplois auxquels l'acier est destiné (outils, matrices, limes, armes, arbres). On en donne la composition, mais pour la principale fabrication au creuset qui se rapporte aux aciers à outils, on y ajoute une étude comparative du prix de revient entre les aciers au carbone et les aciers à coupe rapide.

Viennent en second lieu les procédés par conversion. Les auteurs font l'historique de la découverte géniale de Bessemer et de la véritable révolution qu'elle provoqua dans l'industrie métallurgique de tous les pays. Cette invention, qui simplifiait considérablement les opérations d'affinage, allait substituer l'acier au fer dans la plupart de ses applications : au début, avec le garnissage acide, l'obligation de ne traiter que des fontes relativement pures pouvait encore restreindre l'emploi du convertisseur, mais bientôt le revêtement basique l'adapta au traitement des fontes phosphoreuses, c'est-à-dire de celles que l'on fabrique le plus communément et le développement du procédé s'accentua. L'ouvrage renferme une foule de renseignements sur les appareils très variés qui constituent les ateliers Bessemer ou Thomas, aussi bien dans les grandes aciéries que dans les petites fonderies. C'est une documentation remarquable de prix de revient, de chiffres de production, de frais de première installation et d'entretien à laquelle sont joints tous les détails techniques devant guider le praticien.

Le procédé au creuset n'opérait en réalité que par fusion et consistait à fondre des matières plus ou moins carburées, soit de l'acier poule obtenu par cémentation, soit un mélange de fonte et de fer suivant la formule de Réaumur. Dans les procédés sur sole, dits Martin-Siemens, à la fusion pure et simple s'ajoutent les réactions

provoquées par l'action oxydante des flammes ou par les matières de garnissage ou d'addition. Les systèmes de fours acides et basiques, fixes et oscillants, les mélangeurs, sont étudiés, ainsi que les questions de construction ou d'entretien qui se rapportent à chacun d'eux. On donne une estimation des frais de premier établissement, la composition des charges, ainsi que le prix de revient de la tonne de lingot suivant les cas. Les procédés très modernes Talbot et Duplex, qui fournissent l'acier en grande masse, complètent ce chapitre.

La méthode de fabrication d'acier la plus récemment pratiquée est celle du four électrique : après un historique succinct, les auteurs décrivent les fours à arc (Stassano), les fours à induction (Rochling Rodenhauser), les fours à résistance et à arc (Héroult), les fours combinés à résistance et à arc (Girod), les fours à résistance (Hering), en indiquant pour chacun d'eux les dépenses de fabrication par tonne d'acier liquide. Ils étudient ensuite les réactions chimiques dans le four électrique et la composition des charges employées pour obtenir les diverses qualités.

La dernière partie du volume, intitulée : *Prix de revient et salaires*, contient de nombreux renseignements des plus utiles. C'est d'abord une sorte de récapitulation des chiffres fournis au cours des diverses fabrications, d'après laquelle on peut comparer les revients de l'acier liquide produits par les différents procédés. Puis on y indique comment on tient la comptabilité industrielle d'une aciérie et on examine en particulier et en détail le poste si essentiel des salaires. Un index permet de retrouver commodément la place des nombreuses questions que soulève un sujet aussi complexe que celui de l'acier.

En résumé, c'est un livre complet et des plus pratiques, qui mérite d'être consulté couramment, et l'on ne saurait trop louer le traducteur et l'éditeur de l'avoir mis à la portée des métallurgistes français.

Emile Demenge.

Coustet (Ernest). — **Traité général de Photographie en noir et en couleurs.** *3e édition. — 1 vol. in-12 de 552 p. avec 195 fig. (Prix : 5 fr.). Ch. Delagrave, éditeur, 15 rue Soufflot, Paris, 1916.*

Dans notre numéro du 15 octobre 1912 (p. 759), nous avons signalé à nos lecteurs la première édition de cet ouvrage. Depuis lors, deux autres éditions, que l'auteur a mises au courant des derniers progrès réalisés en Photographie, sont venues consacrer le succès de ce Traité, qui s'adresse aussi bien aux débutants, auxquels il épargnera bien des tâtonnements et des erreurs, qu'aux amateurs et aux professionnels, qui y trouveront une foule de renseignements pratiques.

3° Sciences naturelles

Ishizu (R.), *Expert du Laboratoire impérial d'Hygiène de Tokyo.* — **The Mineral Springs of Japan** (Les sources minérales du Japon). *Ouvrage publié à l'occasion de l'Exposition internationale du Panama-Pacifique. — 1 vol. in-4° de 374 p. avec fig., 76 pl. et plusieurs cartes. (Prix relié : 8 yen). Imperial Hygienic Laboratory, Tokio,* 1915.

Le Japon est l'une des contrées les plus riches en sources minérales. Déjà au siècle dernier, le Gouvernement en avait fait entreprendre un premier recensement, dont les résultats figurèrent à l'Exposition internationale de Francfort en 1881. Depuis lors, le Laboratoire impérial d'Hygiène de Tokio, à la requête soit des autorités, soit des particuliers, en a poursuivi l'étude, qui porte actuellement sur plus d'un millier de sources, dont plus de 150 radio-actives. Ce sont les résultats de ces recherches qui ont été condensés en un gros ouvrage, à l'occasion de l'Exposition internationale qui s'est tenue à San Francisco l'année dernière.

Ce volume est constitué principalement par les analyses des eaux minérales du Japon, avec des données sur leur thermalité, leur radio-activité, leur conductibilité électrique, leur débit, etc., et des renseignements géographiques sur les principales stations thermales, climatiques et de bains de mer. Il s'ouvre par un aperçu général sur les sources, leur distribution, leur classification, leurs rapports avec la géologie du pays, leurs propriétés thérapeutiques. Nous y voyons que les régions volcaniques sont généralement riches en sources minérales, sans que celles-ci soient confinées à ces régions. Si l'on considère les deux séries de lignes tectoniques principales qui séparent le Japon en 4 quadrants, on voit que la plupart des sources minérales se trouvent dans le quadrant NW, tandis que le quadrant NE en est presque dépourvu ; le premier est également le plus riche en sources radio-actives, qui sourdent généralement du granite.

Ces eaux présentent tous les degrés de thermalité, jusqu'aux environs de 100° C. Ce sont pour la plupart des eaux ordinaires et salées, puis viennent, par ordre d'importance décroissante, les eaux carbonatées alcalines, sulfureuses, amères, ferrugineuses carbonatées, carbonatées simples, ferrugineuses sulfatées. Les installations balnéothérapiques sont déjà très développées pour certaines sources, qui attirent un très grand nombre de baigneurs. D'autre part, plusieurs eaux (Tansan, Hirano) sont exploitées comme eaux de table et ont un débouché considérable dans tout l'Extrême-Orient.

Cet ouvrage est édité avec un grand luxe d'illustrations, qui donnent une idée très attrayante des stations thermales et climatériques du Japon.

L. Brunet.

Schäfer (Sir Edw. A.), *Professeur de Physiologie à l'Université d'Edimbourg.* — **The endocrine organs. An Introduction to the study of internal secretion.** *— Un vol. grand in-8° de IX-156 p. avec 104 figures. (Prix cart. : 10 sh. 6d.) Longmans, Green and C°, éditeurs, Londres, 1916.*

Il a été pour ainsi dire de mode en France, — il est à souhaiter que cette mode ait disparu sans retour —, depuis une quinzaine d'années, de faire présenter au public scientifique et surtout au public médical les questions nouvelles par de jeunes auteurs que trop souvent ne recommandaient que leur bonne volonté, leur exactitude au travail et leur désir, d'ailleurs tout à fait légitime, d'un gain même médiocre ; les éditeurs qui ont répandu cette mode y trouvaient leur compte. S'il était besoin de rappeler ce truisme, que la première condition pour qu'un livre ait une réelle valeur, c'est la compétence de celui qui l'écrit, le présent ouvrage du professeur Schäfer y servirait excellemment. Sans doute E. A. Schäfer occupe une place prééminente dans la Physiologie anglaise contemporaine, mais ce qui surtout recommande ici son nom, c'est sa particulière compétence, acquise par des travaux originaux faisant à juste titre autorité et par une méditation personnelle du sujet. On sait que la découverte, due à Schäfer et à son collaborateur Oliver, dès 1895, de l'effet si remarquable de l'extrait surrénal sur le cœur et sur la pression artérielle, a puissamment contribué à orienter la Physiologie vers l'étude de l'action des extraits d'organes ; et on ne peut contester que cette étude ait été féconde en résultats et ait entraîné de multiples applications thérapeutiques, si, par ailleurs, comme j'ai eu l'occasion de le montrer (dans mon livre sur les *Sécrétions internes*, 1914), elle n'a pas été sans inconvénients pour la bonne direction des recherches instituées sur les glandes endocrines. D'autre part, c'est à Schäfer et à plusieurs de ses élèves que nous devons beaucoup de nos connaissances actuelles sur l'hypophyse. Et bien d'autres travaux sont sortis de son laboratoire ; qu'il me suffise de rappeler les importantes recherches de Swale Vincent sur la glande thyroïde.

Ceci dit, on ne sera pas surpris que l'intérêt du premier chapitre de ce livre soit très grand, le chapitre consacré aux considérations générales.

Il importe d'abord de définir le mot de *sécrétion interne*. Le terme doit être réservé aux sécrétions qui contiennent des agents chimiques à action spécifique et déversés directement ou indirectement dans le sang. Pour ma part, je ne puis que me féliciter d'être d'accord avec un esprit comme Schäfer dans la conception des glandes endocrines et de voir que l'éminent physiologiste, après avoir accepté l'interprétation que j'ai donnée de la notion primitive, qui fut celle de Claude Bernard, est amené à la notion qu'impose la connaissance exacte de l'évolution de la question. Pour cette raison et avec une prudence qui est une des caractéristiques de ce livre, Schäfer exclut, au moins provisoirement, de la classe des glandes à sécrétion interne la rate, les ganglions lymphatiques, la moelle osseuse, et il n'y fait entrer que la thyroïde et les parathyroïdes, le thymus (avec quelque réserve), les capsules surrénales, le corps pituitaire, la glande pinéale (avec réserve), la glande interstitielle testiculaire, les cellules interstitielles de l'ovaire et les corps jaunes. Ce n'est pas que d'autres organes, remarque-t-il, ne puissent produire une substance spécifique allant exercer son action à distance, par l'intermédiaire du sang; tel est le pancréas, telle est la muqueuse duodénale; et ainsi il est des glandes qui ont à la fois une sécrétion externe et une sécrétion interne.

La question qui se présente ensuite est celle de savoir de quelle nature sont les principes actifs contenus dans les sécrétions internes. Schäfer, en un résumé serré non moins que précis, oppose les caractères chimiques et physiologiques de ces dernières à ceux des sécrétions externes. Et ceci l'amène naturellement à discuter la valeur du mot *hormone*. On sait que la dénomination primitivement proposée par Bayliss et Starling (1903) fut celle de « chemical messenger » ; Schäfer remarque avec raison que cette expression était préférable, puisqu'elle englobait tous les agents chimiques qui produisent un effet à distance, qu'il s'agisse d'un effet excitant ou d'une action d'arrêt. Le mot *hormone* (Starling, 1906) ne peut désigner qu'un agent excitant, et cependant on s'est laissé aller à l'appliquer à tous les principes actifs des sécrétions internes, même lorqu'on eut découvert de ces principes qui agissent en déprimant ou inhibant une fonction. Comment Biedl a-t-il pu croire qu'il tournait la difficulté en parlant d'hormones excitantes et d'hormones inhibitrices? Quel singulier langage ! et à quelle confusion conduit un tel langage! Est-il admissible de parler d'excitants qui excitent et d'excitants qui empêchent l'excitation? Schäfer propose de distinguer des hormones, substances excitantes, et des *chalones* (de χαλάω, je relâche, je ralentis), substances endocrines qui diminuent ou suspendent une activité physiologique; et toutes peuvent être qualifiées d'*autacoïdes* (de αὐτός et ἄκος, remède, auto-remèdes, remèdes autogènes) ; une substance autacoïde est donc une substance organique spécifique formée par les cellules d'un organe et qui, passant dans le sang, va produire ses effets sur d'autres organes, à la façon d'une substance médicamenteuse; et les autacoïdes sont excitants ou inhibiteurs (hormones et chalones).

Il y a à cette classification une difficulté de fait ; la même substance endocrine peut produire des effets excitants ou inhibiteurs suivant qu'elle agit sur des nerfs moteurs ou sur des nerfs d'arrêt; c'est le cas de l'adrénaline ; dès lors, en réalité, elle ne se comporte pas, ici, comme hormone et, là, comme chalone; mais c'est toujours une hormone, une substance qui excite les terminaisons de nerfs sympathiques, mais de nerfs à fonction différente et même inverse.

Schäfer traite ensuite des méthodes par lesquelles on détermine les fonctions des glandes endocrines. Il n'en distingue que deux, l'une consistant en l'observation des changements qui résultent de l'extirpation partielle ou complète de l'organe chez l'homme et chez les animaux ou de sa destruction par la maladie, et l'autre consistant en l'étude des effets produits par les extraits aqueux ou salins des organes. Depuis quelques années, je me suis attaché à montrer la supériorité de la méthode fondée sur la recherche des propriétés physiologiques du sang venant des glandes à sécrétion interne et que, malgré les difficultés que présente son application, il faut s'efforcer de la mettre en œuvre ; c'est la vraie méthode physiologique. En faveur de la méthode des extraits d'organes, Schäfer ne donne que deux raisons principales : la première, c'est que l'action des extraits de certaines glandes endocrines est tout à fait spécifique, ce qui n'est pas le cas des extraits d'autres organes; et la seconde, c'est que ces glandes sont si richement vascularisées qu'elles peuvent sans doute livrer au sang en un court laps de temps une grande quantité de matière, d'où apparaîtrait la faiblesse de cette critique, à savoir qu'il faut souvent, pour produire un effet manifeste avec un extrait donné, une quantité de cet extrait hors de proportion avec le volume de la glande. Mais la question est justement de savoir si tel organe, considéré comme endocrine, déverse dans le sang une quantité suffisante de substance spécifique pour que celle-ci puisse exercer une action efficace; il ne suffit pas de le supposer en vertu de raisons vraisemblables, il importe de le démontrer directement,

Telles sont essentiellement les notions générales présentées par le savant physiologiste d'Edimbourg. Les chapitres suivants de son livre donnent l'exposé de nos connaissances actuelles sur les différentes glandes endocrines. L'étude la plus complète est consacrée à l'appareil thyro-parathyroïdien, aux surrénales et à la pituitaire. Pour Schäfer, ces glandes, qui sont *purement* endocrines, forment un groupe naturel, caractérisé par ce fait que chacun des organes qui le compose comprend deux parties distinctes, mais étroitement unies : thyroïde proprement dite et parathyroïdes, partie corticale et médullaire de la surrénale et enfin partie épithéliale et neuro-épithéliale de la pituitaire ; les fonctions de ces deux parties paraissent différentes, encore qu'il soit difficile de croire que des tissus qui se trouvent en aussi intime connexion anatomique n'ont pas de rapports physiologiques. Il n'est pas moins remarquable que, dans chacun des organes du groupe, l'une des deux parties possède une fonction plus active que l'autre ; ainsi l'extirpation des parathyroïdes détermine des troubles plus aigus que ceux que produit l'extirpation de la thyroïde, les extraits de la substance médullaire de la surrénale et de la portion postérieure ou neuro-épithéliale de la pituitaire ont un effet considérable sur différents organes, tandis que les extraits similaires de la corticale des surrénales ou de la portion antérieure ou épithéliale de la pituitaire sont sans action immédiate. Cependant, il y a des preuves que les portions de ces glandes qui à première vue apparaissent moins actives peuvent exercer sur l'organisme une influence non moins puissante que les portions dont l'activité est plus immédiatement saisissable.

Il serait très instructif de suivre maintenant l'auteur dans chacune des études qu'il consacre aux diverses glandes endocrines. L'analyse qui peut en être faite ici sera nécessairement brève.

La question, si touffue et si complexe des fonctions de l'appareil thyro-parathyroïdien, est exposée avec une concision qui n'empêche nullement l'auteur d'être complet; rien d'important n'est omis et tout l'essentiel est dit; les points controversés sont indiqués; les expériences critiquables sont notées; bref, c'est là l'œuvre d'un maître sans doute, mais celle aussi d'un bon ouvrier. Siège de la thyroïde et des parathyroïdes, structure et développement de la thyroïde et des parathyroïdes (avec de belles figures), particularités histologiques en rapport avec le fonctionnement, effets de l'extirpation des parathyroïdes, action physiologique de l'extrait parathyroïdien, mode d'action et nature de l'autacoïde parathyroïdien, relations des parathyroïdes avec d'autres organes endocrines, effets de l'ablation chirurgicale et de l'atrophie ou de la dégénérescence de la thyroïde et hypothyroïdisme, effets de l'administration d'extrait thyroïdien, goitre exophtalmique, hyperthyroïdisme, nature des substances autacoïdes produites par la thyroïde, relations de la thyroïde avec d'autres

organes, telles sont les diverses parties de cette étude. La question, que d'aucuns, qui n'ont guère expérimenté à son sujet, tranchent si aisément, de l'indépendance radicale entre thyroïde et parathyroïdes, est présentée avec les réserves qu'imposent à un esprit critique, prudent et mesuré tel que celui de Schäfer les résultats des expériences de Sw. Vincent et Jolly sur les modifications des parathyroïdes après l'extirpation de la thyroïde et les résultats des expériences de Halpenny et Thompson sur les modifications de la thyroïde après l'extirpation des parathyroïdes; à dire vrai, cependant, Schäfer est plutôt partisan de la théorie de l'indépendance fonctionnelle. L'explication du rôle des parathyroïdes par une action de ces organes sur la fixation du calcium dans l'organisme n'est pas moins judicieusement examinée; en quelques phrases il en est fait justice. On remarquera aussi la grande réserve avec laquelle l'auteur présente les relations prétendues entre les parathyroïdes et la pituitaire ou le pancréas ou les surrénales. C'est avec un peu moins de réserve peut-être que sont exposés les rapports entre thyroïde et glandes génitales, thyroïde et foie et pancréas, mais l'esprit de critique judicieuse, qui est propre à Schäfer, reparaît dans la discussion des rapports entre thyroïde et surrénales et thyroïde et thymus.

L'étude des glandes surrénales et celle de l'hypophyse ne sont pas moins complètes et précises que la précédente. Pour les surrénales, l'auteur considère successivement la morphologie de l'organe, la structure de l'écorce et ses fonctions, l'innervation et la vascularisation des surrénales, les effets de leur ablation, la nature de l'autacoïde fournie par la médullaire, l'action de l'extrait surrénal, les preuves du passage de l'adrénaline dans le sang, l'influence des nerfs sur la sécrétion, les relations des surrénales avec les autres glandes endocrines. Pour l'hypophyse, après une étude histologique soignée de cet organe et de ses deux parties, antérieure et postérieure avec la partie intermédiaire, Schäfer traite des divers effets physiologiques de l'extrait du lobe postérieur (action sur les vaisseaux, sur le cœur, sur les muscles lisses, sur les glandes — à signaler la très intéressante description de l'action si curieuse sur la sécrétion lactée, dont on doit la connaissance presque entièrement aux travaux de Schäfer — action sur le métabolisme), des effets de l'extirpation totale ou partielle de l'organe, de ceux de la greffe, des maladies de l'hypophyse (discussion approfondie de la cause de l'acromégalie), des relations de l'hypophyse avec les autres glandes endocrines.

Les autres chapitres du livre, consacrés à l'étude du thymus, de la glande pinéale, des sécrétions internes de la muqueuse du tube digestif et du pancréas (exposé très documenté de la question du diabète pancréatique), des sécrétions internes des glandes sexuelles (cellules interstitielles du testicule, cellules interstitielles de l'ovaire, corps jaunes), quoique moins étendus, ce qui s'explique naturellement par la richesse moindre du sujet, sont pour la plupart d'un intérêt aussi grand.

L'auteur a modestement donné à ce livre le sous-titre d'*Introduction à l'étude des sécrétions internes;* en réalité, son œuvre est bien une introduction, en tant qu'elle vise surtout à présenter des notions générales sur le fonctionnement des glandes endocrines et qu'elle s'en tient, dans l'exposé des faits, aux données essentielles, sans prétendre les épuiser tous et sans entrer dans le détail des expériences; mais elle est aussi plus et mieux, elle est en quelque sorte une synthèse, et une synthèse très ferme, des principaux résultats acquis jusqu'à présent dans l'étude en question, synthèse fondée sur les principes que la considération attentive de ces résultats et l'appréciation exacte de leur valeur respective ont su tirer de l'amas des observations. Pour brève qu'elle soit, brève par rapport à l'étendue de la matière, cette œuvre, très réfléchie, conçue dans un esprit de sage critique, fruit d'une méditation richement informée, presque toujours sévère comme il convient aux hypothèses faciles, et très clairement écrite, est digne de son auteur.

E. Gley,
Professeur au Collège de France.

4° Sciences diverses

Chervin (Arthur), *ancien président de la Société de Statistique de Paris et de la Société d'Anthropologie.* — **L'Autriche et la Hongrie de demain. Les différentes nationalités d'après les langues parlées.** — *1 vol. gr.in-8° de 119 p., avec de nombreux tableaux statistiques et 6 cartes ethniques. Berger-Levrault, éditeurs, Paris et Nancy,* 1915.

Prévoyant comme une conséquence inévitable de la terrible conflagration européenne actuelle, suscitée par les empires centraux, le démembrement de l'Autriche-Hongrie conformément au principe des nationalités, M. Arthur Chervin s'est proposé d'exposer dans ce volume la composition ethnique de cet état disparate. Il a tiré des renseignements des enquêtes officielles faites pour le dénombrement de la population, mais il s'est particulièrement appuyé sur la statistique des langues parlées en Autriche-Hongrie, les nationalités étant précisément instituées, dit-il, par des unités linguistiques parfaitement distinctes.

L'auteur donne d'abord des aperçus généraux sur les langues parlées en Autriche et en Hongrie, et il montre de quelle façon les populations se sont groupées au point de vue ethnique et géographique. Il donne ensuite une étude détaillée sur l'une des parties de l'Empire dualiste, la Hongrie, où les Magyars forment 72 °/₀ de la totalité de la population et les Allemands 18 °/₀ seulement, et il examine quelles sont les langues parlées dans chacune des divisions administratives appelées comitats.

M. Chervin étudie, dans la partie suivante de son livre, chacune des langues parlées dans toute l'Autriche-Hongrie et en montre la répartition dans les divers pays constituant cette monarchie hétérogène. On peut voir que, si la Hongrie a une forte majorité de population véritablement hongroise, mais ayant placé sous son hégémonie des éléments ethniques ayant droit à l'indépendance, il en est autrement de l'Autriche, et M. Chervin a pu dire avec raison que s'il y a un Empire d'Autriche, il n'y a pas de nationalité autrichienne, chacune des races de cet assemblage chaotique se considérant comme une nation.

Après cette étude très détaillée où il expose avec précision les raisons ethniques sur lesquelles peuvent s'appuyer les revendications des nationalités, M. Chervin examine spécialement quelques-unes des principales questions qui se poseront devant le futur Congrès de la Paix et il présente des idées très justes sur les solutions qui pourront intervenir. C'est ainsi qu'il parle notamment de Trente et de Trieste, de l'Etat tchèque, des Yougo-Slaves [1], de la création d'une marche slave unissant les Tchèques aux Yougo-Slaves.

G. Regelsperger.

1. Signalons aussi une conférence importante par les renseignements qu'elle contient, faite à Lyon, le 26 mars 1916, à l'Association française pour l'avancement des Sciences, par le Dr Chervin: *Les Yougo-Slaves (Serbes-Croates-Slovènes) au point de vue ethnique. Leur union nationale.* Paris, in-8°, 28 p.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 20 Novembre 1916

M. Tisserand présente un Rapport sur les établissements agricoles de recherches scientifiques, dont les conclusions sont votées par l'Académie (voir p. 704).

Sciences naturelles. — **M. Russo** : *Notes géologiques sur la région de Bou Laouane (Maroc occidental).* Cette région présente un substratum ancien plissé, puis arasé, sur lequel reposent des couches plus récentes, horizontales. Le substratum ancien est formé de deux séries de schistes et de quartzites superposés, dépourvus de fossiles, mais qui paraissent appartenir au Silurien et au Dévonien inférieur. Les couches plus récentes sont d'une part des sables, marnes et argiles sans fossiles, probablement permo-triasiques, d'autre part des calcaires très fossilifères qui appartiennent au Vindobonien. — **M. P. Vuillemin** : *La prétendue hétérotaxie des fleurs de Capucines.* Von Treyhold a observé trois fleurs de *Tropaeolum majus* dont les pièces étaient disposées comme si le diagramme était renversé et il a étendu à ces anomalies le terme d'*hétérotaxie* introduit par Masters pour désigner l'apparition d'un organe de la plante en un lieu insolite. Or l'éperon terminal a gardé dans ces fleurs une position voisine de la normale. L'auteur montre que cet éperon est le vestige d'une fleur axilliaire combinée à une seconde fleur devenue prépondérante et d'origine gamogemmique. Le diagramme est donc normal et l'hétérotaxie de Treyhold n'existe pas. — MM. **C. Galaine** et **C. Houlbert** : *Les récifs d'Hermelles et l'assèchement de la baie du Mont-Saint-Michel.* Les auteurs ont constaté qu'à côté de l'exhaussement progressif du fond, un autre phénomène, d'ordre biologique, concourt au desséchement de la baie du Mont-Saint-Michel. Des Annélides, les Hermelles (*Hermella alveolata* Sav.), construisent, soit sur les bancs d'huîtres, soit sur des affleurements rocheux, de véritables digues qui arrêtent les sables amenés par les courants. Il se produit ainsi une élévation graduelle du sol marin, qui aboutira à un assèchement complet du fond de la baie. La mer rencontrera des difficultés de plus en plus grandes pour atteindre le Mont-Saint-Michel ; la suppression de la digue ou sa transformation ne peuvent apporter aucune amélioration à cet état de choses. Seule la destruction des récifs d'Hermelles à la dynamite ou à la drague pourrait-elle donner des résultats, et encore cela n'est-il pas sûr. — M. **Ch. Richet** : *De l'emploi alternant des antiseptiques.* L'auteur a démontré que le ferment lactique s'accoutume à certaines substances toxiques ; il en déduit que les microbes, en général, s'adaptent de même aux antiseptiques et que, lorsqu'on emploie un même et unique antiseptique pour le traitement d'une plaie, il se produit fatalement une certaine accoutumance des germes infectueux, donc une notable diminution de l'action antiseptique. Il préconise à la place de cette méthode une méthode rationnelle dite d'alternance antiseptique et qui peut se résumer comme suit : il ne faut jamais employer deux jours de suite la même liqueur antiseptique pour le traitement d'une même plaie. Il est possible que cette méthode d'alternance des médicaments s'applique aussi au traitement des maladies internes. — MM. **G. Lardennois** et **J. Baumel** : *Les infections gangreneuses des plaies de guerre par germes anaérobies.* Les auteurs ont reconnu que les germes anaérobiques des infections gangreneuses (qui sont le vibrion septique, le *Bac. perfringens* et un streptocoque anaérobie facultatif) attaquent les tissus vivants et les décomposent en créant des produits toxiques. L'activité de ces germes s'exerce avec une prédilection toute particulière sur les muscles, et accessoirement sur les capillaires sanguins et lymphatiques. L'infection gangreneuse maligne entraîne donc au début le plus souvent une toxémie et non une septicémie ; les germes ne passent dans le sang que plus ou moins tardivement. La toxémie frappe le bulbe, mais jusqu'à la fin respecte le cerveau.

Séance du 27 Novembre 1916

1° Sciences mathématiques. — M. **F. Gonnessiat** : *Sur une étoile à grand mouvement propre.* L'auteur a étudié, sur deux clichés pris à l'Observatoire d'Alger, l'étoile P de M. Barnard, de grandeur 10,5, dont le déplacement annuel atteint 10",3 environ. En même temps qu'elle possède le déplacement angulaire le plus rapide, c'est aussi l'étoile la plus rapprochée que nous connaissons : sa parallaxe correspond seulement à 3,26 années de lumière. — M. **H. Arctowski** : *Sur les fluctuations de la constante solaire.* L'auteur déduit des tableaux qu'il a établis que, pendant les années de grande fréquence des taches solaires, toute augmentation momentanée des taches produit une augmentation de la radiation solaire, tandis que, pendant les années de moindre fréquence, c'est une diminution temporaire de l'étendue ou du nombre des taches qui produit une augmentation de la constante solaire. Cette contradiction apparente ne prouve nullement que les variations de la constante solaire soient indépendantes de celles des taches, mais seulement que les taches ne sont qu'un des facteurs en jeu.

2° Sciences physiques. — M. **A. Boutaric** : *Sur le rayonnement nocturne.* L'intensité du rayonnement nocturne, c'est-à-dire la perte de chaleur que subit, par minute, 1 cm² de surface noire exposée à l'air libre, peut être considérée comme la différence entre l'émission Q de la surface rayonnante et la quantité de chaleur q que cette surface reçoit de l'atmosphère. En partant de quelques données de la Physique et de la Météorologie, l'auteur établit *a priori* une formule donnant la valeur approchée de cette intensité, et il la compare avec les valeurs obtenues au cours d'une longue série d'observations du rayonnement nocturne effectuées à Montpellier en 1913 et 1914, par des temps absolument clairs. L'accord entre la théorie et l'observation, très suffisant pour les valeurs moyennes de la tension de la vapeur d'eau au niveau du sol, est moins bon pour les valeurs faibles ou très élevées. — M. **Ch.-Ed. Guillaume** : *Modifications de la dilatation de l'invar par des actions mécaniques ou thermiques.* L'auteur montre que les seuls traitements thermiques auxquels les tiges d'invar sont soumises pendant leur fabrication en diminuent la dilatabilité de $1,18/10^6$. L'étirage pendant la fabrication provoque, soit dans les fils recuits, soit dans les fils trempés, un abaissement rapide de la dilatabilité. L'étuvage au laboratoire relève assez rapidement la valeur de la dilatation, abaissée par la trempe ou par l'écrouissage, ou par les deux actions réunies. Aux températures peu élevées, l'effet est déjà notable ; à 250°, l'effet de la trempe disparaît à peu près ; celui de l'écrouissage, au contraire, subsiste pour près de la moitié de sa valeur. — MM. **R. Ledoux-Lebard** et **A. Dauvillier** : *Recherches théoriques et expérimentales sur les bases de la dosimétrie radiologique.* Les auteurs préconisent un dispositif visant à obtenir à l'état de pureté et d'une façon intense les spectres K de haute fréquence des éléments les plus lourds connus, et à les utiliser en radiothérapie, de manière à chercher à réaliser des effets sélectifs bien déterminés. Le dosage des rayons X est ainsi, en réalité supprimé : les facteurs de l'énergie (courant continu) dépensée dans le tube étant parfaitement connus, ce dosage se réduit à une mesure de temps.

3° Sciences naturelles. — M. J. **Répelin** : *Sur l'existence d'une nappe de recouvrement dans les îles de Pomègues et de Ratonneau (golfe de Marseille).* Les îles de Pomègues et de Ratonneau, loin d'être la continuation du massif de Notre-Dame-de-la-Garde, sont constituées par des calcaires urgoniens provenant d'un accident tout à fait indépendant de ce massif et s'étendant en nappe sur un substratum d'Aptien inférieur. L'origine de cette nappe est encore inconnue, mais elle se rattache, sans aucun doute, à celles de l'île Maire, de la Nerthe et peut-être de la Rogue. — M. **A. Beclère** : *Inoculabilité de la variole à la génisse vaccinée, mais non complètement immunisée.* L'inoculation de la variole à la génisse, 8 jours après l'inoculation vaccinale, réussit à un moment où la peau est, il est vrai, devenue réfractaire à une nouvelle inoculation du vaccin, mais où cependant l'immunité caractérisée par le pouvoir virulicide du plasma sanguin et par la disparition de la virulence du vaccin intradermique n'est pas encore établie. Pratiquée seulement un jour plus tard, cette inoculation demeure stérile. Pour conclure, le virus vaccinal et le virus variolique n'ont certainement pas la même activité, mais rien ne permet d'affirmer qu'il existe entre eux une différence de nature ou d'espèce.

Séance du 4 Décembre 1916

MM. **W. Kilian** et **J. Révil** : *Sur les discontinuités de sédimentation et les niveaux de brèches dans les Alpes françaises.* Dans les diverses zones des chaînes alpines, les traces de discontinuités dans la sédimentation sont fréquentes et attestées par de nombreuses alternances de brèches et de schistes. Les brèches éogènes, en particulier, indiquent, par leur nature essentiellement polygénique, l'existence, au moment de leur formation, de reliefs déjà constitués par des assises variées et, par conséquent, de dislocations et de ridements suivis d'érosion ayant préalablement amené ces assises au jour et dans lesquels il convient de voir, avec M. Argand, les *embryons* des grands plis et nappes intra-alpines. La part des dislocations intracorticales post-oligocènes dans la formation des Alpes occidentales ne doit pas être exagérée, car les manifestations ultimes du plissement alpin ont été précédées par une série de ridements successivement démantelés par les érosions paléozoïques, mésozoïques et éogènes et ayant ainsi fourni les éléments d'une suite de niveaux de brèches et de conglomérats de divers âges. — M. **L. Gentil** : *Sur la trouée de Taza (Maroc septentrional).* L'auteur avait conclu antérieurement de ses observations géologiques au Maroc qu'une communication entre la Méditerranée et l'océan Atlantique existait, à l'époque néogène, avec son maximum de rétrécissement vers la « trouée de Taza » (détroit sud-rifain). Par des observations sur place, il vient de reconnaître qu'en effet le seuil de Taza est formé par des dépôts miocènes qui s'étalent sur 7 kilomètres à peine dans sa partie la plus resserrée. — M. **F. Baco** : *Variations d'un hybride sexuel de vigne par sa greffe sur l'un de ses procréateurs.* L'auteur est parti d'un hybride de vigne 11-16, provenant d'un croisement fait en 1907 entre le 24-23 Baco (Folle Blanche × *Riparia*) pris pour père et le 4-13 Baco (Sauvignon × 4401 Couderc) pris comme mère; dans cet hybride sont prédominantes les qualités paternelles. En 1912, il l'a greffé en mixte sur un de ses parents, le 4401 Couderc (Chasselas rose × *Rupestris*). Dans le greffon, les appareils reproducteur et végétatif ont été influencés simultanément par le 4401, qui a accentué les caractères ancestraux communs au greffon et à lui-même et les a amenés de l'état latent à l'état dominant. Le 4401 a imprimé au greffon 11-16 des qualités très supérieures comme production et valeur des raisins (caractères provenant du Chasselas et du Sauvignon), sans nuire aux résistances et à la vigueur (caractères du *Riparia* et du *Rupestris*). — M. **C. Sauvageau** : *Sur une Laminaire nouvelle pour les côtes de France,* Laminaria Lejolisii *Sauv.* L'auteur a trouvé aux environs de Roscoff une Laminaire nouvelle, mélangée au *L. Cloustonii,* mais en différant par une lame blanchâtre. Cette algue, qui doit provenir d'ailleurs et a été introduite accidentellement par un navire sur nos côtes, s'est déjà multipliée sur une bande d'au moins 10 kilomètres. — MM. **Aug. Lumière** et **Et. Astier** : *Tétanos et gelures.* La statistique des auteurs, qui présente, sur 90 cas de tétanos, 5 cas consécutifs à des gelures, soit 5,55 %, semble indiquer une affinité spéciale du bacille de Nicolaïer pour les plaies ulcéreuses provoquées par le froid. — M. **A. Arnoux** : *Sur la protection mécanique et la conservation des œufs.* L'auteur préconise le procédé suivant : l'œuf *très frais* est enroulé *soigneusement* dans des bandes d'étoffe imprégnées de silicate de soude liquide ; l'œuf est ensuite mis à sécher sur un papier dans un endroit aéré pendant 12 heures ; au bout de ce temps, la colle minérale est sèche ; l'œuf a pris l'apparence d'une pierre. Pour la consommation, on trempe l'œuf dans l'eau tiède; la colle minérale se dissout facilement. On peut encore tailler l'enveloppe avec un couteau, comme on pèle un fruit. On peut employer d'autres enveloppes (ouate, sciure de bois, etc.). L'œuf ainsi enrobé résiste aux chocs, même violents, et se conserve très frais pendant un mois.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 21 Novembre 1916

MM. **Briscons** et **R. Mercier** : *Modifications du pouls et de la pression artérielle observées chez le soldat au combat.* Les auteurs montrent que, chez les traumatisés par éclatement d'obus, l'enregistrement du pouls et de la pression artérielle donne des signes objectifs suffisants pour reconnaître les commotionnés vrais : en dehors d'une accélération assez marquée du pouls, ceux-ci présentent, en effet, une élévation de la pression artérielle minima et, corrélativement, une diminution de la pression différentielle. Les simples émotionnés, par contre, en dépit d'un état impressionnant d'angoisse et de tachypnée, ont un pouls normal, une pression minima sensiblement normale et une pression différentielle égale ou supérieure à la normale.

Séance du 28 Novembre 1916

M. le Président annonce le décès de M. **D. Barnsby**, correspondant national.

M. **Ch. Fernet** : *Qu'est-ce que l'arthritisme?* L'auteur définit l'arthritisme : une diathèse dystrophique causée par la suralimentation et l'insuffisance d'exercice physique. Il est caractérisé par des manifestations très variées, surtout par des fluxions sanguines inflammatoires et par des produits d'élaboration nutritive viciés. Le remède vraiment curatif n'est ni dans les eaux minérales, ni dans les médicaments, mais dans un changement radical et complet apporté au régime alimentaire et au genre de vie. — M. le Dr **F. d'Hérelle** : *Contribution à l'étude de la dysenterie. Nouveaux bacilles dysentériques pathogènes pour les animaux d'expérience.* L'auteur a isolé, de 40 selles provenant de malades, civils et militaires, atteints d'accidents dysentériformes, des germes se partageant en trois groupes : 1° groupe du *B. fecalis alcaligenes,* 2° groupe dysentérique, 3° groupe des bacilles de Morgan. Il semble que la proportion des affections dysentériformes causées, soit par des germes aberrants, soit par des germes nouveaux, ait considérablement augmenté. Il est possible que les conditions anormales imposées par la guerre aient modifié dans une certaine mesure l'étiologie de la dysenterie bacillaire. — M. **L. Camus** : *La vaccine généralisée expérimentale chez la génisse et chez le singe.* Après avoir provoqué la vaccine généralisée chez le lapin et chez le chien, l'auteur a obtenu chez la génisse et chez le singe une belle éruption spontanée de pustules vaccinales par une injection intravasculaire de vaccin homogène. M. Chauveau avait vainement essayé de reproduire la vaccine généralisée chez les Bovidés.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 18 Novembre 1916

MM. **B. A. Houssay** et **E. Hug** : *La curarisation du* Leptodactylus ocellatus (*L.*) *Gir.* Le *Leptodactylus ocellatus*, grenouille de l'Amérique du Sud, n'est pas réfractaire à l'action du curare, comme on l'a prétendu ; mais il faut de fortes doses du poison pour provoquer la curarisation, et celui-ci paraît produire la mort par un effet toxique sur le système nerveux central. — MM. **C. Mathis** et **L. Mercier** : *Les kystes d'*Entamœba dysenteriæ *et la division simple.* Les auteurs ont pu suivre complètement l'évolution des kystes d'*E. dysenteriæ*, ce qui leur permet de réfuter les observations d'Hartmann (1912) en ce qui concerne l'émission de chromatine hors du noyau et de contester les vues de Job et Hirtzmann (1916) relatives à la sporogonie et à la position extranucléaire du centriole. S'il existe un phénomène de sexalité chez l'amibe dysentérique, comme celui-ci ne se manifeste ni avant l'enkystement, ni au cours de la formation des quatre noyaux, il doit avoir lieu vraisemblablement après l'ingestion des kystes et la mise en liberté de leur contenu. On peut par suite se demander si les microkystes et les macrokystes ne représentent pas des gamétocytes devant donner naissance à des amibes gamètes de sexe différent. D'autre part, les auteurs ont constaté que l'*E. dysenteriæ* se multiplie uniquement par division simple. — MM. **J. Nageotte** et **L. Guyon** : *Aptitudes néoplasiques de la névroglie périphérique greffée et non réinnervée ; conséquences au point de vue chirurgical.* Les auteurs signalent deux observations qui montrent que les circonstances inhérentes à l'opération de la greffe, en premier lieu l'anémie temporaire, confèrent à la névroglie des aptitudes néoplasiques exagérées ; toutefois, l'invasion précoce de la greffe par des neurites jeunes joue un rôle frénateur à l'égard de la névroglie greffée. Ces résultats montrent nettement l'influence sclérogénique des débris de nerfs qui peuvent être abandonnés dans une plaie anfractueuse. Les fragments isolés de tissu nerveux doivent être soigneusement enlevés, et les lambeaux flottants de nerfs déchirés doivent être abrasés toutes les fois que le chirurgien a l'occasion de régulariser une plaie fraîche, car, indépendamment de toute infection, ces débris détermineront la formation d'une cicatrice fibreuse, adhérente et inextricable. — M. **F. Dévé** et Mlle **M. Dumont** : *L'échinococcose cérébrale dans ses rapports avec l'âge des malades.* Les auteurs ont reconnu que la grande majorité des kystes hydatiques *primitifs* du cerveau s'observent au-dessous de l'âge de 15 ans. Par contre, l'échinococcose *métastatique* du cerveau s'observe exclusivement chez l'adulte ou tout au moins au-dessus de l'âge de 15 ans. — MM. **J.** et **C. Cotte** : *Note sur l'état de conservation de restes organisés datant de l'époque énéolitique.* Les auteurs ont étudié microscopiquement des restes authentiques provenant de la fin de l'âge de la pierre polie et conservés dans des conditions assez défavorables (terrains très humides). Ils ont pu y retrouver des fibres musculaires avec leur striation et parfois avec leurs noyaux périphériques ; du tissu conjonctif, des fragments d'aponévrose, des fibres tendineuses, des cellules épithéliales sont également conservés d'une manière admirable. Les grains d'amidon ont gardé aussi, d'une manière parfaite, leur forme et souvent leur striation concentrique, mais perdu toute colorabilité par l'iode. — M. **J. F. Bounhiol** : *Sur l'interprétation des sillons d'accroissement inscrits sur les écailles des poissons périodiques.* L'auteur montre que les essais de détermination de l'âge des Poissons d'après le nombre et la position des sillons d'accroissement inscrits sur les écailles sont entachés de trois causes d'erreur. La première consiste dans le fait que l'accroissement de l'écaille n'est pas marginal et périphérique, comme on l'admettait jusqu'à présent, mais central et intradermique. Ensuite, les sillons ne sont bien marqués que dans les mers à hivers accusés, de durée et de périodicité régulières ; ils peuvent faire en partie défaut, par effacement, dans les mers sud-méditerranéennes.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 1er Décembre 1916

M. **Marcel Boll** : *Étude pratique du tube Coolidge.* Le tube Coolidge est une nouvelle ampoule à rayons X, à vide extrêmement poussé et dans laquelle les électrons ne sont pas produits par la décharge disruptive, mais sont émis par une spirale de tungstène chauffée par un courant auxiliaire (effet Edison-Richardson). Lorsqu'on s'impose le courant I qui traverse ce filament et la différence de potentiel U appliquée à l'ampoule, le régime de l'ampoule se trouve parfaitement déterminé et l'on peut connaître : *a*) le courant i débité par l'ampoule ; *b*) la puissance totale $\mathfrak{L}$ émise sous forme de rayons X et déduite de mesures d'ionisation ; *c*) le rendement pratique ρ du tube ; *d*) le degré de pénétration D des rayons mesuré par le radiochromomètre de Benoist. L'auteur montre la série des courbes qui résument les expériences faites avec la collaboration de M. Lucien Mallet dans le service du Dr Béclère au Val-de-Grâce : 1° Courbes $i = f(I)$ pour divers voltages U maintenus constants : i croît d'abord très rapidement avec I, puis reste sensiblement constant. 2° Courbes $i = f(U)$ pour diverses intensités I maintenues constantes. Tant que U est petit, i est négligeable ; puis i croît en fonction de U. 3° Courbes $\mathfrak{L} = f(i)$ pour divers voltages U maintenus constants. $\mathfrak{L}$ croît rapidement, passe par un maximum, décroît et devient finalement négligeable. 4° Courbes $\mathfrak{L} = f(U)$ pour diverses intensités i maintenues constantes. $\mathfrak{L}$ croît d'une façon qui se trouve déterminée par le réseau précédent de courbes (3°). 5° Courbes $\rho = f(U)$ pour diverses intensités i maintenues constantes. Le rendement croît, passe par un maximum, puis par un minimum et continue à croître. 6° Courbes $D = f(i)$ pour divers voltages U maintenus constants. D décroît assez lentement avec i. 7° Courbes $D = f(U)$ pour diverses intensités i maintenues constantes. D croît très rapidement avec U. 8° Courbes montrant que l'absorption du faisceau de rayons X dans un métal tel que l'aluminium s'éloigne énormément de l'allure exponentielle. 9° Spectre du tube Coolidge pris par M. de Broglie montrant l'existence d'un *fond continu* et de deux groupes de raies L et K caractéristiques du tungstène de l'anticathode. A propos de chaque courbe, M. Boll indique les raisons qui lui paraissent justifier les diverses formes de courant et redresse les erreurs qu'on avait publiées à la suite d'expériences incomplètes ou d'idées simplistes. Au point de vue pratique, ce qui caractérise le tube Coolidge, ce sont : 1° sa stabilité : pour un voltage et un milliampérage donnés, le rayonnement X se maintient très longtemps, en conservant la même puissance totale émise et le même degré de pénétration ; 2° sa souplesse : on peut passer aussi facilement du régime *mou* au régime *dur* qu'effectuer le passage inverse ; 3° sa grande puissance qui atteint 20 fois celles des tubes ordinaires. L'auteur signale comme autres remarques : 4° le rendement du tube Coolidge n'est nettement supérieur à celui des autres ampoules que pour des rayons pas trop mous ; 5° même soumis à des différences de potentiel considérables (120.000 volts), le tube Coolidge n'émet jamais un rayonnement très dur (supérieur à 7° B.) ; mais la puissance rayonnée est tellement considérable qu'après filtration à travers une épaisseur de 1cm d'aluminium, on obtient des rayons aussi pénétrants (10° B.) et bien plus intenses qu'avec les ampoules habituelles.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 2 Novembre 1916

Sciences physiques. — Sir **W. Crookes** : *Sur les spectres photographiques des météorites.* L'auteur a examiné, au moyen d'un spectrographe modifié dont il

donne la description, les spectres de 30 météorites terrestres rares. Celles-ci ont été pulvérisées, mélangées avec de l'argent pulvérisé bien pur, et comprimées à la presse hydraulique. On obtenait ainsi des baguettes assez cohérentes et conduisant le courant. Le spectre résultant contenait, en plus des lignes des constituants de l'aérolithe, seulement celles de l'argent, qui sont peu nombreuses. Toutes les lignes contenues dans les spectres d'arc photographiés ont été identifiées. Leur examen a révélé la présence de traces importantes et non soupçonnées de chrome dans tous les échantillons, par quoi ils diffèrent des sidérites ou fers météoriques, où le chrome est pratiquement absent. La proportion entre le fer et le nickel est constante dans 27 aérolithes sur 30 ; chez les trois autres, le nickel fait presque défaut. D'après ces recherches, il a été possible de réaliser un mélange contenant des quantités connues de nickel et de chrome, qui, additionné de fer, produit un spectre presque identique à celui de l'aérolite *Aubres*. — M. **G. H. Livens** : *Relations mécaniques de l'énergie de magnétisation*. La formulation mathématique usuelle des relations du champ magnétique conduit à la même expression, $\mu H^2/8\pi$, pour la densité de l'énergie associée avec le champ, que celle-ci provienne d'aimants rigides ou de courants permanents; mais, comme dans le premier cas l'énergie est traitée comme énergie potentielle, et dans le second comme énergie cinétique, le résultat en apparence analogue dans les deux cas recouvre en réalité une divergence. M. Livens donne une nouvelle formulation qui surmonte cette difficulté d'interprétation. La modification fondamentale consiste à choisir le vecteur d'induction magnétique B à la place de la force magnétique H habituelle pour représenter les conditions dans l'éther, idée qui a été défendue plus d'une fois par Larmor sans avoir été systématiquement développée. L'auteur montre que, dans le cas statique, l'énergie, considérée comme potentielle, peut être exprimée comme la somme de l'énergie intrinsèque des polarisations induites et d'une partie qui paraît distribuée dans le champ avec la densité — $B^2/8\pi$; les mêmes expressions se présentent dans le cas dynamique, avec les signes propres renversés si l'énergie est considérée comme cinétique. Si l'induction suit une loi isotropique linéaire, la densité de l'énergie totale dans le champ est alors $\pm B^2/8\pi\mu$, le signe positif ou négatif étant choisi suivant que l'énergie est protentielle ou cinétique. Dans le dernier cas, la nouvelle expression pour la densité est équivalente à l'expression usuelle dans les parties du champ où il n'y a pas de magnétisme rigide.

Séance du 9 Novembre 1916

SCIENCES NATURELLES. — MM. **I. Jörgensen** et **F. Kidd** : *Quelques expériences photochimiques sur la chlorophylle pure et leur importance pour les théories de l'assimilation du carbone*. Les auteurs ont étudié certaines réactions photochimiques de la chlorophylle sur lesquelles divers savants ont basé des théories de l'assimilation du carbone par les plantes. Les expérimentateurs précédents ont employé de la chlorophylle brute, contenant, à côté des deux pigments chlorophylliens, des pigments jaunes et d'autres substances. Les auteurs actuels n'ont utilisé que de la chlorophylle pure ($a+b$), extraite par la méthode de Willstätter et Stoll et satisfaisant aux critères de pureté donnés par eux. La chlorophylle a été employée comme sol, et l'eau comme milieu dispersif. Ce sol a été exposé à la lumière en contact avec divers gaz dans des récipients fermés. Voici les résultats qui ont été obtenus : *a) Azote*. Dans l'azote, on n'observe aucun changement du complexe chromogénique de la molécule de chlorophylle. *b) Anhydride carbonique*. Dans l'acide carbonique, il se produit le dérivé exempt de magnésium, la phéophytine. Dans cette action, CO^2 se comporte en solution comme un autre acide faible quelconque. Il n'y a pas d'autre modification du complexe chromogénique. Il ne se forme pas d'aldéhyde formique. *c) Oxygène*. Dans l'oxygène, le premier changement observé est le jaunissement, puis le blanchissement de la chlorophylle. Le jaunissement est dû à la présence de phéophytine. Si on ajoute de l'alcali, le stade jaune fait défaut et le blanchissement est accéléré. Dans les premiers stades, il ne se produit d'aldéhyde formique qu'en très petites quantités ; mais, dès que le blanchissement est complet, la quantité d'aldéhyde formique augmente, pour atteindre rapidement un maximum et diminuer ensuite. L'acidité du système, d'autre part, augmente constamment. Il est probable que la formaldéhyde provient surtout du phytol, qui est probablement séparé de la molécule de chlorophylle par l'action de la lumière et de l'oxygène. Les auteurs concluent que leurs résultats ne supportent aucune des théories formulées par Usher et Priestley, H. Wager, Ewart, sur les modifications chimiques qui se produisent durant le processus de l'assimilation du carbone par les plantes vertes.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 10 Novembre 1916

M. **H. Nagaoka** : *Sur la régularité dans la distribution des satellites des lignes spectrales*. L'auteur a poursuivi les recherches entreprises avec M. Takamine sur la distribution des satellites des lignes du mercure. Il emploie un interféromètre de Fabry-Perot croisé avec une plaque de Lummer-Gehrcke. Il montre que la plupart des discordances entre les résultats des divers observateurs de ces satellites sont dues au choix peu satisfaisant de la ligne principale comme repère pour définir les positions; si, au contraire, les distances sont mesurées à partir d'un des satellites distincts, on obtient des résultats concordants. Si les séparations des satellites sont exprimées en nombre d'onde, et non plus en longueur d'onde, une remarquable symétrie apparaît dans leur distribution. Par exemple, parmi les satellites de la ligne verte, 5461, on peut trouver trois groupes de triplets symétriques, dont les différences de nombres d'onde sont dans les rapports simples 1 : 3 : 12. On obtient des résultats analogues pour d'autres lignes ; ainsi l'auteur montre pour la première fois que le principal composant de λ 4359 consiste en un triplet dont la ligne centrale est relativement faible. Il existe une similitude de distribution des satellites pour toutes les lignes examinées, et certains intervalles de nombres d'onde sont communs à toutes. L'auteur discute l'origine possible des satellites à la lumière des effets Zeeman et Stark, les champs magnétique ou électrique étant d'origine électronique, et il montre que beaucoup de résultats sont d'accord avec la théorie de Voigt des vibrations des électrons dans un champ électrique quasiélastique isotrope. Les explications suggérées ne sont toutefois que des essais, en attendant le développement de nos connaissances sur la théorie de l'effet Zeeman, et l'extension des travaux de Sir J. J. Thomson sur les rayons positifs à un plus grand nombre de substances.

Le Gérant : Octave DOIN.

Sens. — Imp. LEVÉ, 1, rue de la Bertauche.

MBL WHOI Library - Serials
5 WHSE 02322